

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Posouzení kapacity světelně řízené křižovatky v Rožnově pod Radhoštěm

**Capacity Evaluation of Controlled Intersection in
Rožnov pod Radhoštěm City**

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Dorda, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Norbert Šrámek

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Norbert Šrámek**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace: 20 Silniční doprava

Téma: Posouzení kapacity světelně řízené křižovatky v Rožnově pod Radhoštěm
Capacity Evaluation of Controlled Intersection in Rožnov pod Radhoštěm City

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem práce je posoudit kapacitní možnosti světelně řízené křižovatky v Rožnově pod Radhoštěm vzhledem k plánované výstavbě obchodního centra v blízkosti posuzované křižovatky.

Osnova práce:

1. Úvod.
2. Teoretická východiska pro řešení práce.
3. Analýza dat potřebných pro realizaci kapacitního posouzení.
4. Kapacitní posouzení křižovatky.
5. Rozbor dosažených výsledků.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

MEDELSKÁ, Viera. *Dopravné inžinierstvo*. Bratislava: Alfa, 1991. ISBN 80-05-00737-X.
Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích: technické podmínky : TP 81. 2. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2006. ISBN 80-86502-30-9.
MARTOLOS, Jan. *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek*. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-03-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Dorda, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019

als

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



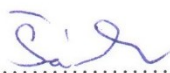
[Handwritten signature]

prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2019


.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Norbert Šrámek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Loučka 242, Loučka, 756 44

Anotace diplomové práce

ŠRÁMEK, NORBERT. *Posouzení kapacity světelně řízené křižovatky v Rožnově pod Radhoštěm*: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2019, Vedoucí práce: Dorda, M.

Diplomová práce se zabývá kapacitním posouzením křižovatky v Rožnově pod Radhoštěm. Tuto práci lze rozdělit do dvou částí. V teoretické části jsou vysvětleny základní pojmy z dopravního inženýrství a naznačen postup kapacitního výpočtu. V praktické části se nachází popis křižovatky a dalších podkladů důležitých pro výpočet. Dále se v praktické části nachází výpočet signálního plánu metodou saturovaného toku a také kapacitní výpočet. Pro posouzení kapacity byly vytvořeny scénáře, které simulovaly navýšení intenzit. V poslední části diplomové práce byl proveden rozbor dosažených výsledků.

Anotation of master thesis

ŠRÁMEK, NORBERT. *Capacity Evaluation of Controlled Intersection in Rožnov pod Radhoštěm*: Master thesis. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2019, Thesis head: Dorda, M

This thesis focuses on the capacity evaluation of intersection in Rožnov pod Radhoštěm. This work can be divided into two parts. At first main characteristics of traffic engineering and the process of capacity calculation are defined on a theoretical level. Practical part describes the intersection and other important materials for calculation. Furthermore, there is a calculation of the signal plan by the saturation flow method as well as the capacity calculation. For capacity evaluation, scenarios have been developed to simulate an increase of intensities. At the end of this thesis an analysis of the achieved results are made.

Obsah

Úvod	11
1 Teoretická východiska pro řešení práce	12
1.1 Křižovatky.....	12
1.1.1 Dělení křižovatek	12
1.2 Řízené křižovatky	15
1.2.1 Světelně řízené křižovatky	15
1.3 Návrh signálního plánu metodou saturevaného toku dle TP 81.....	17
1.4 Posouzení kapacity křižovatky dle TP 235	21
1.4.1 Kapacita vjezdu	23
Délka řadících pruhů	26
2 Analýza dat potřebných pro realizaci kapacitního posouzení	28
2.1 Popis křižovatky	28
2.2 Intenzita dopravy na křižovatce.....	30
2.3 Mezičasy.....	32
2.4 Stavební uspořádání křižovatky	33
3 Kapacitní posouzení křižovatky	35
3.1 Fázové schéma	35
3.1.1 Čtyřfázové schéma.....	36
3.1.2 Dvoufázové schéma	38
3.2 Výpočet signálního plánu metodou saturevaného toku	38
3.2.1 Výpočet signálního plánu metodou saturevaného toku pro čtyřfázové schéma.....	39

3.2.2	Výpočet signálního plánu metodou saturovaného toku pro dvoufázové schéma	43
3.2.3	Kapacitní posouzení křižovatky u čtyřfázového schématu.....	46
3.2.4	Kapacitní posouzení křižovatky u dvoufázového schématu	48
4	Návrh scénářů a jejich kapacitní posouzení	51
4.1	Scénář č.1.....	51
4.2	Scénář č.2.....	56
4.3	Scénář č.3.....	60
4.4	Scénář č.4.....	64
4.5	Scénář č.5.....	69
4.6	Scénář č.6.....	74
5	Rozbor dosažených výsledků	81
6	Závěr	84
	Literatura	85
	Seznam tabulek	87
	Seznam obrázků	89

Seznam použitých zkratk a symbolů

označení	popis	jednotka
α	podélný sklon vjezdu	%
C_L	kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem	pvoz/h
C_{L1}	dílčí kapacita levého odbočení v době zelené protisměru	pvoz/h
C_{L2}	dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází	pvoz/h
C_{L3}	dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem	pvoz/h
C_{op}	optimální délka cyklu	s
C_S	kapacita na stopčáře	pvoz/h
C_V	kapacita vjezdu	pvoz/h
f	podíl odbočujících vozidel z jízdního pruhu 0 až 1	-
I_p	návrhová intenzita dopravy v protisměru	pvoz/h
I_V	návrhová intenzita dopravy na vjezdu	pvoz/h
k_{obl}	koeficient oblouku	-
k_{skl}	koeficient sklonu	-
L	celkový ztrátový čas za cyklus	s
L_{F1}	délka fronty na konci návrhové hodiny s nepřekročenou kapacitou vjezdu	m
L_{F2}	délka fronty na konci návrhové hodiny s překročenou kapacitou vjezdu	m
N_A	počet míst k najetí do křižovatky a zastavení vozidla při dávání přednosti protijedoucím vozidlům automobily odbočujícími vlevo	pvoz
n_p	počet řadících pruhů	-
R	poloměr oblouku pro odbočení	m
Rez	rezerva kapacity vjezdu	%

S_i	saturovaný tok jednoho řadícího pruhu	pvoz/h
S_L	saturovaný tok pruhu pro levé odbočení	pvoz/h
S_p	saturovaný tok protisměru	pvoz/h
SSZ	světelné signalizační zařízení	-
S_v	saturovaný tok vjezdu	pvoz/h
$S_{zákl}$	základní saturovaný tok	pvoz/h
t_c	délka cyklu	s
TP	technické podmínky	-
t_w	středí doba zdržení	s
Y	celkový stupeň saturace	-
z	délka zeleného signálu	s
z_0	délka části zeleného signálu neovlivněná protisměrem	s
z'	délka efektivní zelené	s
z_i	délka zeleného signálu	s
z_p	délka zeleného signálu v protisměru	s
z_{VA}	délka zeleného signálu vjezdu VA	s

Úvod

Ve své diplomové práci se věnuji problémové výstavbě obchodního centra Kaufland v Rožnově pod Radhoštěm, kde se lidé bydlící v blízkosti této výstavby obávají, že v případě zprovoznění tohoto centra bude docházet ke kongescím, což si v blízkosti svého bydliště samozřejmě nepřejí, a tak vznikají petice proti této výstavbě. Cílem mé práce je určit, zda ke kongescím bude opravdu docházet, nebo jsou obavy obyvatel zbytečné a na pozemní komunikaci to nebude mít nijak velký dopad.

V teoretické části mé práce budu nejdříve popisovat základní pojmy z dopravního inženýrství, poté provedu rozbor technických podmínek TP 81 a TP 235 a nastíním teoretický postup pro výpočet kapacity světelné křižovatky.

V dalším kroku diplomové práce provedu analýzu dat, které jsou potřebné pro výpočet kapacity světelné křižovatky. Jedná se především o analýzu dopravního průzkumu, ze kterých je potřeba určit hodinové intenzity jednotlivých proudů a podíly odbočujících vozidel. Pro výpočet je potřeba znát také stavební uspořádání křižovatky, jako poloměry oblouků odbočujících vozidel a sklon vozovky.

Následně provedu výpočet signálního plánu a kapacitní posouzení křižovatky dle technických podmínek TP235 a určím úroveň kvality dopravy jednotlivých dopravních proudů vstupujících do křižovatky. Poté vytvořím určitý počet scénářů, které budou simulovat narůstající intenzity vzhledem k plánované výstavbě, které podrobím kapacitnímu posouzení. Na závěr vyhodnotím dle výsledných úrovní kvality dopravy, zda bude docházet na dané pozemní komunikaci ke kongescím, popřípadě jaké intenzity může daná komunikace nabývat, aniž by ke kongesci došlo.

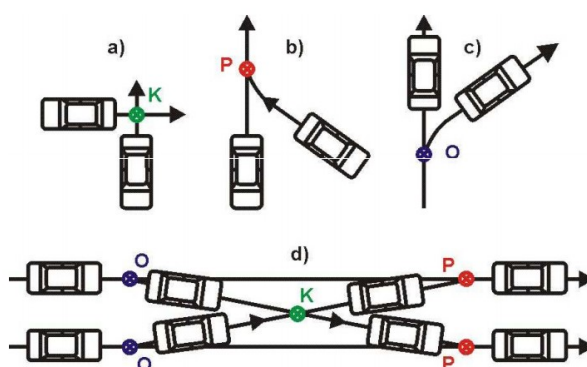
1 Teoretická východiska pro řešení práce

1.1 Křižovatky

Problematicke související s tímto tématem se věnuje V. Křivda ve svých skriptech [1]. Křižovatka je místo, kde se pozemní komunikace protínají nebo stýkají v půdorysném průmětu a nejméně 2 z nich jsou vzájemně propojeny. Dochází zde k rozdělování, spojování a přetínání proudů, z čehož plyne, že křižovatka musí mít dostatečnou propustnost. V opačném případě může docházet k zastavení proudu na křižovatce nebo před křižovatkou. Tím pádem propustnost sítě je závislá na propustnosti křižovatky. Za křižovátku však nelze považovat sjezdy k nemovitostem, připojení obslužných dopravních zařízení a připojení polních a lesních cest.

Na křižovatkách také dochází ke vzniku tzv. kolizních bodů, které rozlišujeme na [1]:

- Křižné (a)
- Přípojné (b)
- Odbočné (c)
- Průpletové (d)



Obr. 1 Kolizní body

Zdroj: Úvod do dopravního inženýrství [4]:

1.1.1 Dělení křižovatek

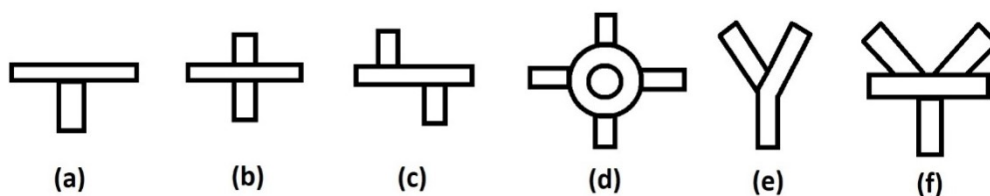
Křižovatky lze dělit do několika skupin, přičemž jedna křižovatka může být zařazena do více skupin najednou.

Rozdělení křižovatek **dle počtu úrovní**, ve kterých se komunikace protínají:

- Úrovňové křižovatky
- Mimoúrovňové křižovatky
- Kombinované křižovatky

Rozdělení úrovňových křižovatek dle **počtu a tvaru ramen**:

- Stykové (a) - křižovatka tvaru písmena T o třech ramenech
- Průsečné (b) - křižovatka tvaru písmena X o čtyřech ramenech
- Odsazené (c) - křižovatka se dvěma stykovými křižovatkami v určité vzdálenosti od sebe o čtyřech ramenech
- Okružní (d) - křižovatka se třemi a více rameny a středním ostrovem kruhovitého tvaru
- Vidlicové (e) - křižovatka tvaru písmena Y o třech ramenech
- Hvězdicové (f) - křižovatka s 5 a více rameny

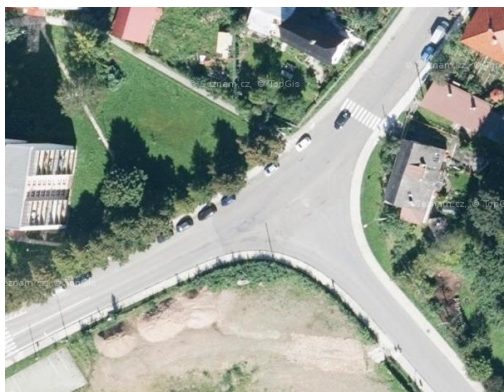


Obr. 2 Rozdělení křižovatek podle tvaru a počtu ramen
Zdroj: Vlastní zpracování

Úrovňové křižovatky lze dále dělit **podle stupně usměrnění** dopravy na:

- Prosté křižovatky

Prosté křižovatky se využívají na málo frekventovaných komunikacích, kde není potřeba využívat zvláštních nároků na řízení dopravy. Prosté křižovatky se tedy využívají u obslužných komunikacích či u sběrných komunikacích s obslužnými. Příklad prosté křižovatky je znázorněn na obrázku č.2.



Obr. 3 Prostá křižovatka

Zdroj: Mapy.cz

- **Plně usměrněné křižovatky**

Jsou přesně usměrněny fyzickými nebo optickými ostrůvky, jejichž účelem je zvýšení bezpečnosti provozu na křižovatce. Tyto křižovatky jsou usměrněny z důvodu většího počtu řadících pruhů, které tak zvětšují plochu, na které může dojít ke střetnutí vozidel. Usměrnění křižovatek má za cíl [2]:

- oddělení protisměrných pohybů vyskytujících se na komunikaci,
- pro jednotlivé jízdní pruhy formulovat jejich směr pohybu na křižovatce,
- jasné označení plochy, která je nepojízdná,
- snížení počtu křížných bodů sloučením do jednoho,
- zlepšení jízdních drah vozidel pomocí úpravy úhlů křížení jednotlivých vozidel.



Obr. 4 Plně usměrněná křižovatka

Zdroj: Mapy.cz

- Částečně usměrněné křižovatky – zpravidla hlavní a dopravně významné komunikace jsou usměrněny fyzickými ostrůvky a dopravním značením, zatímco vedlejší komunikace usměrněny nejsou.

Rozdělení křižovatek v **závislosti na přítomnosti řízení** [3]:

- Neřízené křižovatky

Provoz se řídí zákonem o provozu na pozemních komunikacích, který upravuje pravidla pro jednotlivé dopravní směry. Křižovatky tedy nejsou řízeny světelnými signalizačními zařízeními. Zákon o provozu na pozemních komunikacích určuje např. hlavní a vedlejší směr, pravidla na přechodech pro chodce, přednosti zprava atd.

- Řízené křižovatky

Přednost jízdy na křižovatkách řízených zabezpečuje světelné zabezpečovací zařízení. Mezi křižovatky řízené však nepatří přímé řízení provozu příslušníkem police nebo jiné oprávněné osoby.

1.2 Řízené křižovatky

Řízené křižovatky se uplatňují například kvůli bezpečnosti, nebo v případě, kdy neřízené křižovatky již nestíhají odbavovat vysoké intenzity dopravních proudů na křižovatce. Dále se budeme zabývat pouze světelně řízenými křižovatkami [2].

1.2.1 Světelně řízené křižovatky

Podstatou světelně řízené křižovatky je střídavé rozdělování přednosti jednotlivým dopravním proudům a chodcům. Tyto přednosti jsou navzájem kolizní, to znamená, že při průjezdu křižovatkou má jejich směr pohybu střetné body. Průjezd vozidel křižovatkou je z různých proudů řízen odděleně v čase tak, aby nedocházelo ke vzájemným kolizím.

Při využití světelně řízené křižovatky dochází k tomu, že se hlavní proud periodicky zastaví na červený signál a umožní tak vozidlům z vedlejší komunikace, které dostanou

zelený signál, plynulý průjezd. V další fázi se zelený signál udělí hlavnímu směru, kde se vytvořila fronta vozidel v těsném řazení. Správný návrh světelné signalizace umožní na zelený signál hlavního směru odbavit všechna vozidla, která přijela jak na zelený, tak i červený signál po hlavní komunikaci.

V případě použití SSZ je vhodné, aby bylo splněno alespoň jedno z **kritérií pro navrhování SSZ** [7]:

- **Kritérium bezpečnosti provozu**

Z důvodu bezpečnosti provozu je vhodné zřizovat SSZ na místech, kde je omezený přehled provozu a na místech hodných zvláštního zřetele. Tyto oblasti je nutné individuálně posuzovat podle místních poměrů a v souladu všech nutných podmínek podle ČSN 73 6101 a ČSN 73 6110. Jsou to místa jako např. omezené rozhledové poměry, výjezdy tramvají z míst, která se nacházejí mimo komunikaci, přechody dětí přes frekventované komunikace u škol, na přechodech, které vedou přes komunikaci s více než jedním jízdním pruhem v jednom směru apod.

- **Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel**

Tohoto kritéria se dosáhne v případě, kdy intenzita silničního provozu dosáhne vyšších hodnot, než jsou přípustné hodnoty intenzity u neřízených křižovatek podle ČSN 73 6102. Je to průměrně 8 dopravně nejvíce zatížených hodin dne, a to jak na hlavních, tak i vedlejších komunikacích. Pokud jsou příjezdy vozidel ovlivněny i okolními SSZ, lze posunout hranici nutného řízení křižovatek. Nezbytný je vždy však individuální přístup konkrétní křižovatky.

- **Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců**

Podobně jak u přechozího kritéria, je nutné zavádět SSZ v případě, kdy je dosahováno hodnot intenzity dopravy na přechodech pro chodce vyšších, než jsou hodnoty intenzit, při kterých mohou chodci za běžných podmínek provozu bezpečně přejít. Je to v průměru 8 dopravně nejvíce vytižených hodin dne. Jedná se o přechod přes:

- jednopruhový nebo dvoupruhový jízdní pás – 1100 voz/h
- třípruhový jízdní pás – 1000 voz/h
- čtyř a více pruhový směrově nerozdělený jízdní pás – 900 voz/h

Přechod pro chodce je účelné zřídit i v některých případech, kdy nejsou splněna tato kritéria. Jsou to situace, které narušují plynulý tok dopravního proudu a většinou je také v těchto případech nízká ochota řidičů vozidel dát přednost chodcům. To může způsobit nebezpečné situace na dopravních komunikacích.

- **Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy**

Při větším využití MHD dochází ke snížení zatížení měst osobní automobilovou dopravou. Hlavním důvodem pro zavedení SSZ je dosažení lepší plynulosti jízdy vozidel MHD. K budování SSZ dochází v případě, kdy se jedná o zdržení nejméně každého druhého vozidla na dobu, která je delší než 2 minuty ve 3 nejvíce zatížených hodinách dne. Nutností je však také přihlížet na ekonomické hledisko konkrétní lokality.

Jak už bylo jednou uvedeno v této kapitole, světelné signalizační zařízení slouží k řízení provozu na křižovatkách pozemních komunikacích. Slouží ale také k řízení provozu tramvajových drah, v místech přechodu pro chodce, a také u přejezdů pro cyklisty přes pozemní komunikace nebo tramvajovou dráhu apod. Speciální světelné zařízení se používá také v případech nutného výjezdu hasičských vozidel, vozidel IZS apod. Světelné signalizační zařízení se speciálně využívá také pro zklidnění dopravy, tzv. RedStop. Tento signál se červeně rozsvítí při překročení povolené rychlosti projíždějících vozidel a představuje signál „STŮJ“. Nejčastěji se využívá ke zklidnění dopravy na vjezdech do obcí [8].

1.3 Návrh signálního plánu metodou saturovaného toku dle TP 81 [7]

Principem metody je v závislosti na stupních saturace vjezdů určit délku cyklu a signálů volno v jednotlivých fázích.

Saturovaný tok

Saturovaný tok jednotlivých vjezdů slouží také pro posouzení kapacity světelně řízené křižovatky. Je to součet saturovaných toků jednotlivých řadících pruhů. Saturovaný tok se spočítá podle TP 235.

$$S_V = \sum_{i=1}^{n_p} S_i \text{ [pvoz/h]} \quad (1.1)$$

kde	S_V	saturovaný tok vjezdu [pvoz/h]
	S_i	saturovaný tok jednoho řadícího pruhu [pvoz/h]
	n_p	počet řadících pruhů tvořících jeden vjezd

Saturovaný tok řadícího pruhu

$$S_i = S_{zákl} \cdot k_{skl} \cdot k_{obl} \text{ [pvoz/h]} \quad (1.2)$$

kde	S_i	saturovaný tok řadícího pruhu [pvoz/h]
	$S_{zákl}$	základní saturovaný tok (= 2000 [pvoz/h])
	k_{skl}	koeficient sklonu [—]
	k_{obl}	koeficient oblouku [—]

Koeficient sklonu

$$k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot a \text{ [—]} \quad (1.3)$$

kde	k_{skl}	koeficient sklonu [—]
	a	podélný sklon vjezdu [%]

Tento uvedený vztah je možné využít pouze při stoupání do 10 % včetně. U většího stoupání, které je větší než 10 %, se automaticky zadává hodnota $a = 10$. Hodnota $a = 0$ se zadává pouze při vjezdu, který je vodorovný, nebo vjezdu, který je v klesání.

Koeficient oblouku

$$k_{obl} = \frac{R}{R + 1,5 \cdot f} [-] \quad (1.4)$$

kde	k_{obl}	koeficient oblouku [-]
	R	skutečný nebo fiktivní poloměr oblouku [m] (příklady fiktivního poloměru oblouku v tab. 1)
	f	podíl odbočujících vozidel z jízdního pruhu 0 až 1

Tab. 1 Fiktivní poloměry oblouku pro pravé odbočení ovlivněné přecházejícími chodci

Intenzita chodců [osob/h]	Fiktivní poloměr oblouku R [m]
~ 100	6,0
~ 300	4,0
~ 500	2,5
~ 800	1,5
≥ 1000	1,0

Zdroj: Technické podmínky 235

Stupeň saturace

Pro každý vjezd se dále určuje stupeň saturace dle vztahu:

$$y = \frac{I}{S_v} [-] \quad (1.5)$$

kde	y	stupeň saturace
	S_v	saturovaný tok vjezdu [pvoz/h]
	I	Intenzita vozidel na vjezdu [pvoz/h]

Celkový stupeň saturace

Celkový stupeň saturace se rovná součtu nejvyšších stupňů saturací v jednotlivých fázích.

$$Y = \sum_{i=1}^n \max y [-] \quad (1.6)$$

kde	Y	celkový stupeň saturace
	i	pořadí fáze
	n	počet fází

Celkový ztrátový čas

Je to součet dob mezi konci zelené a začátky zelené ve všech fázích.

$$L = \sum_{i=1}^n l_i = \sum_{i=1}^n t_{mkrit,i} - n [s] \quad (1.7)$$

kde	L	celkový ztrátový čas [s]
	i	pořadí fáze
	n	počet fází
	l	ztrátový čas ve fázi [s]
	t_{mkrit}	mezičas mezi kritickými vjezdy [s]

Optimální délka cyklu

Dalším krokem je výpočet optimální délky cyklu. Snahou je získat takovou délku cyklu, při níž je zdržení vozidel přijíždějících vozidel minimální.

$$C_{opt} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} [s] \quad (1.8)$$

kde	L	celkový ztrátový čas [s]
	Y	celkový stupeň saturace [-]

Na základě optimální délky cyklu se reálný cyklus v rozmezí $0,75 \cdot C_{opt} < t_c < 1,5 \cdot C_{opt}$. Délka cyklu by neměla překročit 100 až 120 sekund, kdy začne vzrůstat střední doba zdržení.

Délka signálu volno

Posledním krokem je výpočet délek signálů volno. Určuje se vždy pro kritický vjezd ve fázi a určí nám tak délku jednotlivých fází. Zbylé nekritické vjezdy se poté dopočítají dle tabulky mezičasů.

$$z = \frac{y_{krit} \cdot (t_c - L)}{Y} - 1 [s] \quad (1.9)$$

kde	z_i	celkový ztrátový čas [s]
	y_{krit}	stupeň saturace kritických vjezdů
	t_c	délka cyklu [s]
	L	celkový ztrátový čas [s]
	Y	celkový stupeň saturace [-]

V případě, že výsledná délka zeleného signálu bude kratší než 5 sekund, je potřeba délku signálu na tuto dobu prodloužit.

1.4 Posouzení kapacity křižovatky dle TP 235

Technické podmínky 235 se využívají u křižovatek, na kterých je provoz řízen světelnými signály. Tyto technické podmínky platí jak pro úrovnňové křižovatky pozemních komunikací, které jsou světelně řízené, tak i pro připojení účelových komunikací na silnici a místních komunikací. Využívají je např. dopravní inženýři, projektanti dopravních staveb, správci a vlastníci pozemních komunikací, Policie ČR atd.

Návrhové intenzity dopravy

Posuzování kapacity křižovatky souvisí s návrhovými intenzitami dopravy. Proto je nutná znalost návrhových intenzit dopravy pro všechny dopravní směry v křižovatce a také pro jednotlivé druhy vozidel pohybující se v křižovatce. Získané intenzity je dále potřeba převést z reálných počtů vozidel na přepočtená vozidla dle jejich typu. Koeficienty pro převod se nacházejí v tab. 2.

Výhledové intenzity dopravy

Zjištění výhledových intenzit dopravy se provádí pomocí výpočtů růstových koeficientů podle TP 225, nebo také s využitím matematického modelu komunikační sítě.

Tab. 2 Koeficienty skladby dopravního proudu

Druh vozidel	Koeficient
Jízdní kola	0,5
Motocykly	0,8
Osobní vozidla (včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti)	1,0
Nákladní vozidla (nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladních souprav), autobusy (mimo kloubových)	1,7
Nákladní soupravy, kloubové autobusy	2,5

Zdroj: Technické podmínky 235

Pro většinu kapacitních výpočtů se využívá délka efektivní zelené (z'), která je určována ze skutečné délky zeleného signálu (z) podle tab. 3.

Tab. 3 Délka efektivního cyklu

Délka zeleného signálu z [s]	Délka efektivní zelené z' [s]
5 – 7	$z + 1,0$
8 – 10	$z + 0,5$
≥ 11	z

Zdroj: Technické podmínky 235

Při posuzování kapacity světelné křižovatky je důležité znát kritéria ztrátového času. Ztrátový čas je kritériem pro posouzení úrovně kvality dopravy. Je to čas vyjádřen střední dobou zdržení, který se vyskytuje na jednotlivých vjezdech do světelně řízené křižovatky. Tyto střední doby zdržení jsou uvedeny v tab. 4. V závislosti na kategorii pozemní komunikace se poté určí, zda vyhovuje či nikoliv.

Tab. 4 Mezní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do světelné křižovatky

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení t_w [s]
Označení	Charakteristika kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	≤ 20
B	Dobrá	≤ 35
C	Uspokojivá	≤ 50
D	Dostatečná	≤ 70
E	Nestabilní stav	> 70
F	Překročená kapacita	-

Zdroj: Technické podmínky 235

Pokud jsou splněna kritéria úrovně kvality dopravy, tedy střední doby zdržení, na všech vjezdech do křižovatky, pak je dostatečná kapacita světelně řízené křižovatky. Tato metoda se řídí právními předpisy, kterými by se měli řídit také všichni účastníci provozu na pozemních komunikacích.

1.4.1 Kapacita vjezdu

Na saturovaném toku, délce efektivní zelené a délce cyklu je závislá kapacita běžného vjezdu.

$$C_V = S_V \cdot \frac{z'}{t_c} \text{ [pvoz/h]} \quad (1.10)$$

kde	C_V	kapacita vjezdu [pvoz/h]
	S_V	saturovaný tok vjezdu [pvoz/h]
	z'	délka efektivní zelené [s]
	t_c	délka cyklu [s]

Jinak se ale postupuje v případě, jedou-li protijedoucí vozidla a vozidla odbočující vlevo jim musí dávat přednost.

Kapacita vjezdu, která je tvořena samostatným řadícím pruhem, pro levé odbočení ovlivněné protisměrem, je dána počtem vozidel, jež mohou odbočit v křižovatce vlevo (s ohledem na intenzitu dopravy v protisměru)

Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem

$$C_L = C_{L1} + C_{L2} + C_{L3} \text{ [pvoz/h]} \quad (1.11)$$

kde	C_L	kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem [pvoz/h]
	C_{L1}	dílčí kapacita levého odbočení v době zelené protisměru [pvoz/h]
	C_{L2}	dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází [pvoz/h]
	C_{L3}	dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem [pvoz/h]

Dílčí kapacita levého odbočení v době zelené protisměru

$$C_{L1} = \frac{(1400 - 1,2 \cdot I_p) \cdot (z_p \cdot S_p - I_p \cdot t_c)}{t_c \cdot (S_p - I_p)} \text{ [pvoz/h]} \quad (1.12)$$

kde	C_L	kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem [pvoz/h]
	I_p	návrhová intenzita dopravy v protisměru [pvoz/h]
	S_p	saturovaný tok protisměru [pvoz/h]
	t_c	délka cyklu [s]
	z_p	délka zeleného signálu v protisměru [s]

Dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází

$$C_{L2} = \frac{N_A \cdot 3600}{t_c} \text{ [pvoz/h]} \quad (1.13)$$

kde	C_{L2}	dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází [pvoz/h]
	N_A	počet míst k njetí do křižovatky a zastavení vozidla při dávání přednosti protijedoucím vozidlům automobily odbočujícími vlevo [pvoz] ($N_A \geq 1$)
	t_c	délka cyklu [s]

Dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem

$$C_{L3} = S_L \cdot \frac{z_0}{t_c} [\text{pvoz}/h] \quad (1.14)$$

kde	C_{L3}	dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem [pvoz/h]
	S_L	saturovaný tok pruhu pro levé odbočení [pvoz/h]
	z_0	délka části zeleného signálu neovlivněná protisměrem (zpravidla zbývající délka zeleného signálu po skončení signálu v protisměru) [s]
	t_c	délka cyklu [s]

Rezerva kapacity vjezdu je určována v % intenzity dopravy, přičemž na kritických vjezdech by měla být řádově stejná. Je dána vztahem:

$$Rez = \left(1 - \frac{I_V}{C_V}\right) \cdot 100 [\%] \quad (1.15)$$

kde	Rez	rezerva kapacity vjezdu [%]
	C_V	kapacita vjezdu [pvoz/h]
	I_V	návrhová intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]

Střední dobu zdržení do světelně řízené křižovatky lze vypočítat podle vztahu:

$$t_w = 0,45 \cdot \left(\frac{(t_c - z')^2 \cdot C_V}{C_V \cdot t_c - I_V \cdot z'} + \frac{I_V \cdot 3600}{C_V^2 - I_V \cdot C_V} \right) [s] \quad (1.16)$$

kde	t_w	střední doba zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky [s]
	t_c	délka cyklu [s]
	z'	délka efektivní zelené [s]
	C_V	kapacita vjezdu [pvoz/h]
	I_V	návrhová intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]

Délka řadících pruhů

Délka řadících pruhů při vjezdech do světlené křižovatky je závislá na délce fronty vozidel, které musí zastavit na červený signál „Stůj!“. Délka čekajícího úseku odbočovacího pruhu má být navržena podle vypočtené délky fronty. Čekající úsek lze také zkrátit, nebo zcela vypustit, a to za podmínek, že délka fronty nebude větší než součet délek čekajícího a zpomalovacího úseku.

Na vjezdu do světelné křižovatky se **délka řadících pruhů** vypočítá podle vztahu:

$$L_{F1} = 6,0 \cdot \frac{(t_c - z') \cdot I_V}{n_p \cdot 3600} [m] \quad (1.17)$$

kde	L_{F1}	délka fronty na konci návrhové hodiny s nepřekročenou kapacitou vjezdu [m]
	t_c	délka cyklu [s]
	z'	délka efektivní zelené [s]
	I_V	návrhová intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]
	n_p	počet řadících pruhů

Je-li intenzita dopravy nerovnoměrně rozložena do dvou nebo více pruhů, je nutné vypočítat délky fronty pro jednotlivé pruhy samostatně.

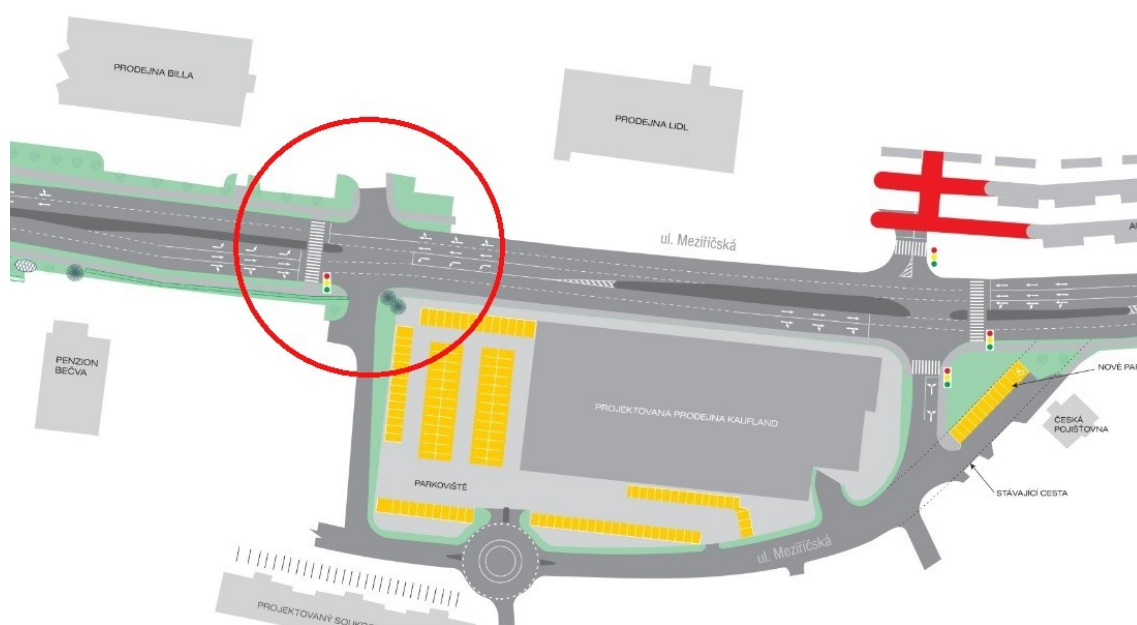
Je-li $I_V > C_V$, nelze použít předchozí vztah. Orientační délka fronty se tak vypočítá podle:

$$L_{F2} = \frac{6,0}{n_p} \cdot \left(I_V - C_V + \frac{(t_c - z') \cdot I_V}{3600} \right) [m] \quad (1.18)$$

kde	L_{F2}	délka fronty na konci návrhové hodiny s překročenou kapacitou vjezdu [m]
	t_c	délka cyklu [s]
	z'	délka efektivní zelené [s]
	I_V	návrhová intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]
	n_p	počet řadících pruhů
	C_V	kapacita vjezdu [pvoz/h]

2 Analýza dat potřebných pro realizaci kapacitního posouzení

Tato kapitola se skládá ze základního popisu křižovatky, dále popisuje postup při získávání intenzit dopravy a dalších dat, potřebných pro výpočet kapacity křižovatky. Do OC Kaufland bude možné přijet dvěma způsoby, buďto po křižovatce řešené v diplomové práci a která je vyznačena na obr. 5, nebo po křižovatce, kde se kříží silnice I/35 s ulicí Meziříčská a s napojením na autobusové nádraží. Vybral jsem tuto křižovatku kvůli tomu, že intenzity, kterých je ve špičce dosahováno na účelové komunikaci, občas vedou k jejím kongescím. Místní obyvatelé se také obávají, že v případě dokončení výstavby bude docházet ke kongescím na hlavním proudu ve směru z Valašského Meziříčí do Rožnova pod Radhoštěm a k následnému objíždění této trasy přes obydlenu část města.

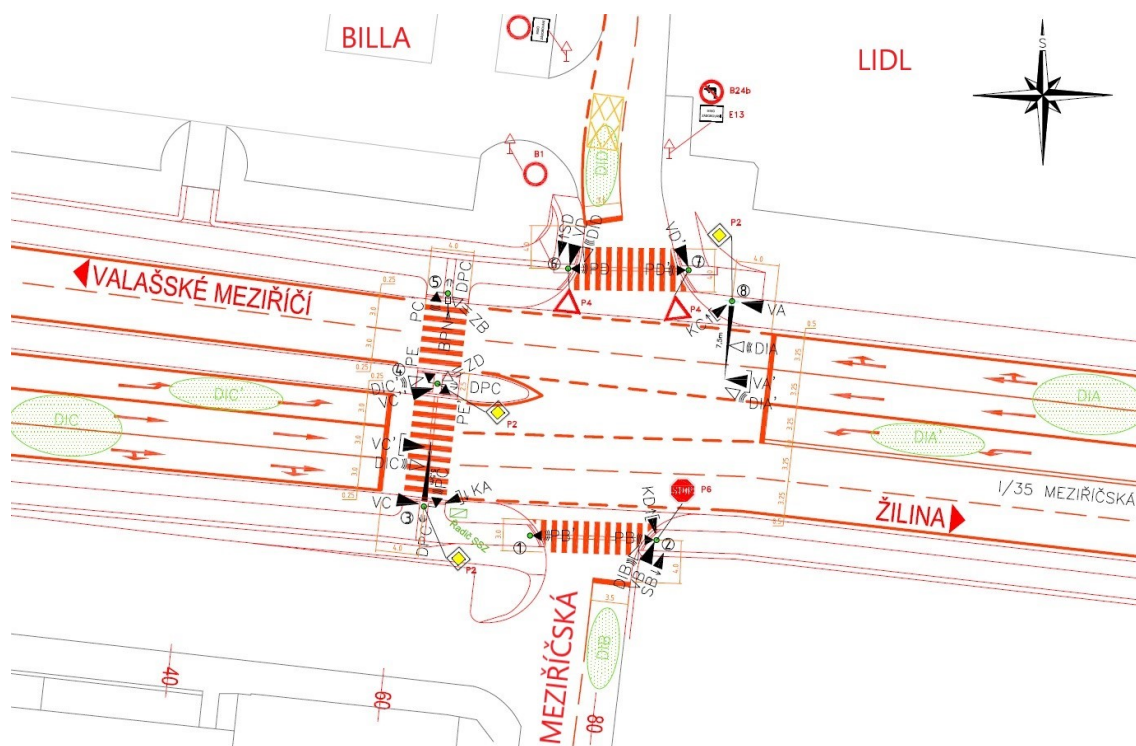


Obr. 5 Náhled připravované stavby OC Kaufland a okolí
Zdroj: iRožnovsko.cz

2.1 Popis křižovatky

Ve své diplomové práci se věnuji křižovatce, nacházející se v Rožnově pod Radhoštěm. Je situována na silnici I/35, což je jeden z hlavních tahů na Slovensko a kříží se s ulicí Meziříčská a s účelovou komunikací, která vede k nákupní zóně, kde se nachází obchody

Billa a Lidl. Podle rozdělení křižovatek, které je zmíněno v kapitole 2.1 *Křižovatky*, můžeme tuto křižovatku dle jejího tvaru označit za úroňovou průsečnou křižovatku. Dále můžeme vidět, že křižovatka je částečně usměrněná, jelikož komunikace I/35 je rozdělena vyvýšeným rozdělovacím pásem, který usměrňuje odbočující vozidla z ulice Meziříčská směrem do Valašského Meziříčí. Hlavní komunikace je čtyřproudá a před křižovatkou dojde k rozšíření o samostatný pruh pro levé odbočení. Pro přímý směr jsou na komunikaci situovány 2 pruhy, z nichž pravý pruh je doplněn o pravé odbočení. Tento popis lze aplikovat na oba směry na hlavní komunikaci. Na ulici Meziříčská se nachází jeden pruh, ze kterého je možné jet třemi směry. Stejně tak je koncipován vjezd do křižovatky z účelové komunikace u obchodů Billa a Lidl.



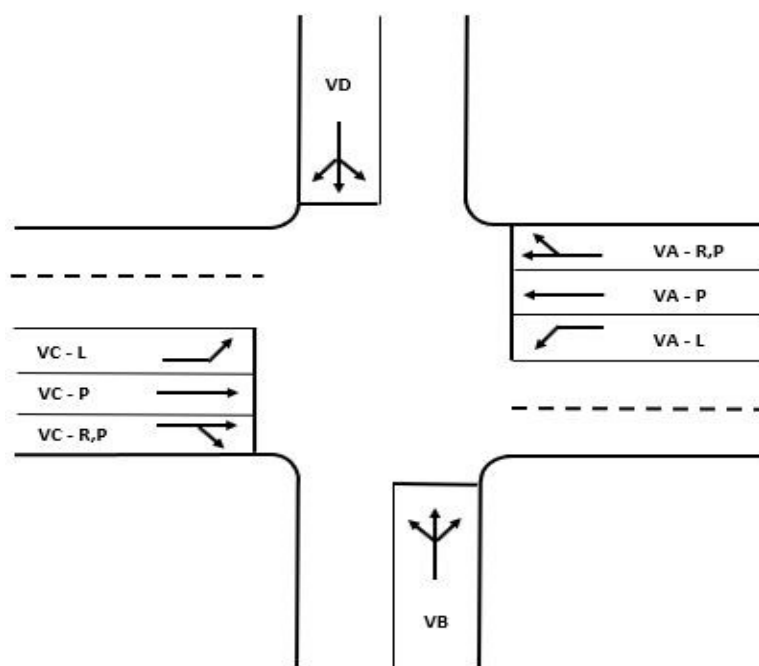
Obr. 6 Řešení světelného signalizačního zařízení

Zdroj: Interní dokumenty městského úřadu Rožnov pod Radhoštěm, odbor dopravy

Všechny vjezdy jsou vybaveny návěstidlem s tříbarevnou soustavou s plnými kruhovými světly. Návěstidlo na výjezdu z účelové komunikace a taky z ulice Meziříčská je navíc vybaveno doplňkovou zelenou šipkou pro odbočení vpravo. Na křižovatce se nacházejí 3 přechody pro chodce, které jsou vybaveny návěstidlem s dvoubarevnou soustavou se signály pro chodce a před přechody se nachází návěstidlo, orientované směrem do křižovatky, se signálem žlutého světla ve tvaru chodce sloužící k upozornění

řidičů na to, že se jejich dráha zároveň kříží s dráhou chodců. Na obr. 6 je vidět rozmístění těchto signalizačních zařízení.

Před zahájením výpočtů je důležité si jednotlivé proudy pojmenovat pro lepší orientaci a přehlednost. Na obr. 7 jsou vyobrazeny jednotlivé řadící pruhy nacházející se na křižovatce.



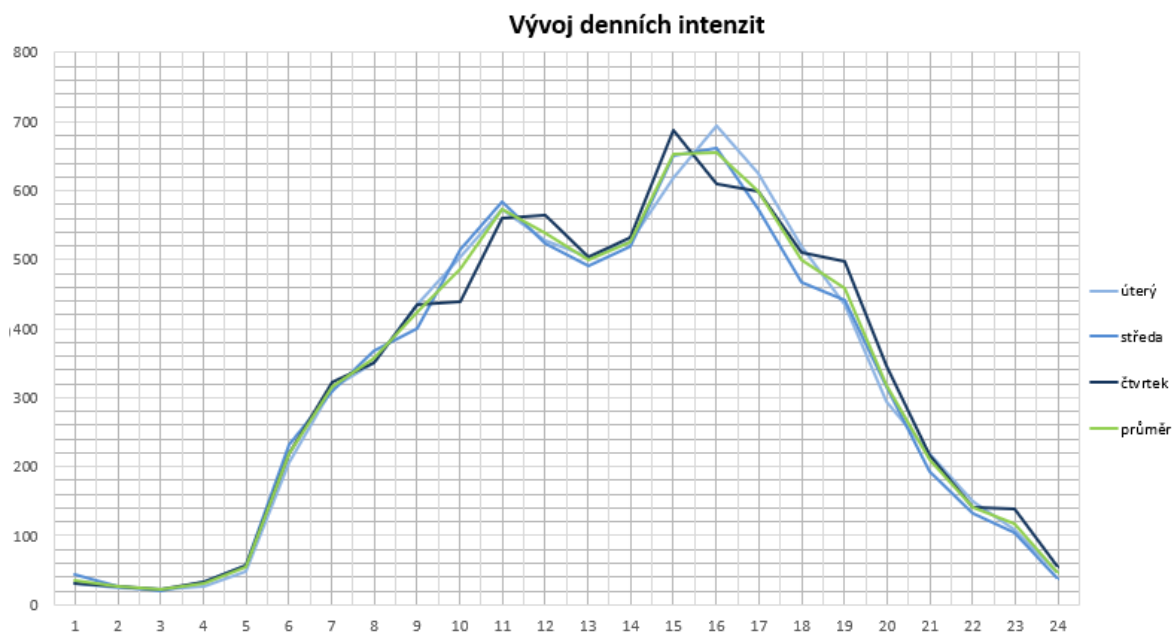
Obr. 7 Popis proudů na křižovatce
zdroj: Vlastní zpracování

Nacházejí se zde proudy VA, což značí proudy přijíždějící po hlavní komunikaci I/35 směrem do Valašského meziříčí. Zkratky L, P a R značí možný směr jízdy v daném proudu. Rameno na ulici Meziříčská je značeno zkratkou VB a podobně je značeno i rameno na účelové komunikaci, a to zkratkou VD. Proudů jedoucích z Valašského Meziříčí směrem do centra Rožnova pod Radhoštěm jsou značeny jako VC a podobně jako u proudu VA jsou doplněny o směrové rozdělení písmeny L, P a R.

2.2 Intenzita dopravy na křižovatce

Základní data, která bylo potřeba získat, jsou intenzity vozidel. Jelikož poslední měření intenzity na této křižovatce proběhlo v roce 2013, bylo potřeba získat nová, aktuálnější data. Po konzultaci s ředitelem Městské policie Rožnov pod Radhoštěm mi byly poskytnuty záznamy průjezdů vozidel ze zařízení, které sloužilo k orientačnímu průzkumu

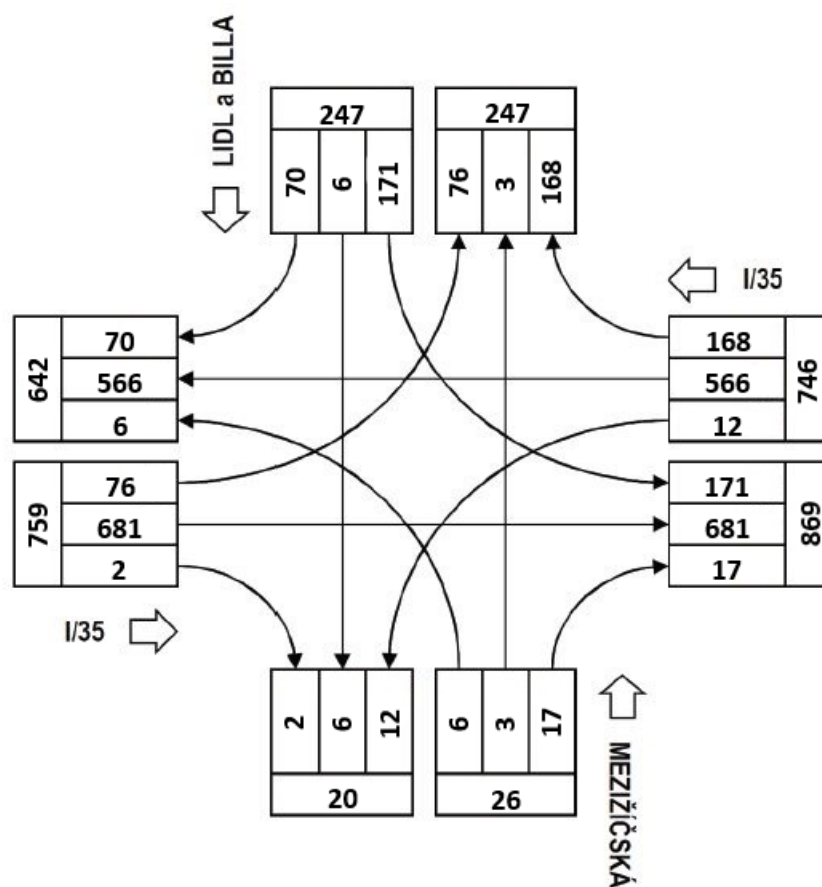
rychlosti vozidel na silnici I/35 k získání představy o vhodném umístění statického zařízení pro měření rychlosti. Z těchto záznamů jsem zjistil časy průjezdů jednotlivých vozidel, z čehož jsem byl schopen určit průběh denní intenzity vozidel na komunikaci I/35. Aby byly zjišťované údaje co nejvíce relevantní, měření vycházelo pouze z dnů úterý, středa a čtvrtek. Tyto průjezdy byly zpracovány do grafu a můžeme je vidět na obr. 8.



Obr. 8 Graf vývoje denních intenzit

Zdroj: Vlastní zpracování

Městská policie mi následně poskytla kamerový záznam v mnou zvoleném časovém období, ze kterého jsem potřebné intenzity získal. Jedná se o kamerový záznam pořízený v úterý 19.2.2019 v čase 15:00 až 16:00. Čárkovou metodou jsem zpracoval hodinový záznam a výsledné pohyby na křižovatce jsou zakresleny v kartogramu na obr. 9.



Obr. 9 Kartogram
Zdroj: Vlastní zpracování

Z kartogramu je patrné, že největší intenzita byla zaznamenána na silnici I/35, a to v obou směrech. Intenzita vozidel na účelové komunikaci k obchodům Billa a Lidl je závislá na počtu odbočujících vozidel z hlavní silnice, jelikož jiná příjezdová cesta k těmto obchodům není, a tak můžeme sledovat, že počet vozidel, který přijel po této komunikaci se neliší od počtu vozidel, které po této komunikaci odjely zpět. Hodinová intenzita vozidel dosažená na ulici Meziříčská je oproti silnici I/35 značně nižší. Z velké části je to způsobeno tím, že se zde nachází rezidenční oblast a příjezdových komunikací do oblasti je více. Celkem křižovatkou podle průzkumu projede za hodinu 1778 vozidel.

2.3 Mezičasy

Dalším důležitým podkladem pro kapacitní výpočet křižovatky jsou mezičasy, což jsou časové intervaly od konce zelené na návěstidle pro jeden směr po začátek doby zelené na návěstidle pro kolizní směr. Tento čas zajišťuje, aby vyklizující vozidlo stihlo opustit křižovátku a nedošlo ke kolizi. [4]

Mezičasy v tomto případě nebylo potřeba počítat, jelikož byly součástí podkladů, které mi byly poskytnuty městem.

Tab. 1 Tabulka mezičasů

		najíždějící proudy												
Vyklužující proudy		VA	KA	VB	SB	VC	KC	VD	SD	KD	PB	PC	PD	PE
	VA		-	4	-	-	5	4	4	4	-	6	-	6
	KA	-		4	-	5	-	4	-	3	7	-	-	-
	VB	5	4		-	4	4	-	5	5	4	-	6	-
	SB	-	-	-		3	-	1	-	3	4	-	-	-
	VC	-	5	5	5		-	5	-	5	-	4	-	4
	KC	5	-	5	-	-		4	-	4	-	-	7	-
	VD	5	5	-	5	4	3		-	-	6	-	4	-
	SD	3	-	1	-	-	-	-		-	-	-	4	-
	KD	5	5	5	5	4	3	-	-		-	-	-	-
	PB	-	5	8	8	-	-	5	-	-		-	-	-
	PC	3	-	-	-	8	-	-	-	-	-		-	-
	PD	-	-	5	-	-	3	8	8	-	-	-		-
	PE	11	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	

Zdroj: Interní dokumenty městského úřadu Rožnov pod Radhoštěm, odbor dopravy

2.4 Stavební uspořádání křižovatky

Pro výpočet saturovaného toku je potřeba znát stavební rozložení křižovatky. Jedná se především o poloměry oblouků odbočujících vozidel a podélný sklon vjezdu do křižovatky.

Hlavní komunikace je ve směru z Valašského Meziříčí do Rožnova pod Radhoštěm v mírném stoupání, a to přibližně 0,2 %. Obdobně proud VB najíždí do křižovatky ve sklonu 0,2 %. Ostatní proudy se nacházejí naopak v klesání, takže hodnota jejich sklonu nebude mít na výpočet saturovaného toku vliv.

Hodnota koeficientu oblouku je přímo závislá na poloměru oblouku odbočujících vozidel. To znamená, že v případě vyšších poloměrů může vozidlo projet křižovatkou rychleji, což zvyšuje hodnotu koeficientu oblouku a také zvyšuje propustnost proudu. Největší oblouk vykružují vozidla na levém odbočení z hlavní komunikace, naopak nejmenší oblouk je u proudů VB a VD, jelikož tyto proudy se nacházejí v jedné fázi a budou vůči sobě podmíněně kolizní. Proto byl jejich poloměr oblouku snížen na 1,5 metru. Všechny hodnoty poloměrů oblouků se nacházejí v tab. 2

Tab. 2 Poloměry oblouků

Proud	Poloměr oblouku [m]
VA-RP	9,7
VA-R	-
VB	1,5
VC-RP	11,9
VC-R	-
VD	1,5
VA-L	17,3

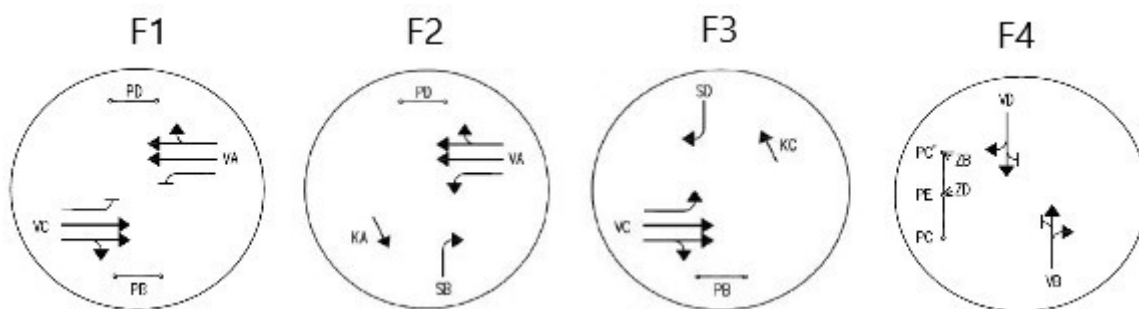
Zdroj: Interní dokumenty městského úřadu Rožnov pod Radhoštěm, odbor dopravy

3 Kapacitní posouzení křižovatky

V této části diplomové práce se zaměřím na kapacitní výpočet křižovatky. Nedříve je potřeba nalézt vhodné fázové schéma, podle kterého se budou jednotlivé proudy střídat. Následně pomocí metody saturovaného toku vypočítám délku cyklu a určím délky zelených signálů pro každou fázi z čehož navrhnu signální plán. Nakonec provedu kapacitní posouzení každého proudu a rozhodnu o tom, zda daný proud vyhovuje stanovené úrovni kvality dopravy podle daných tabulek.

3.1 Fázové schéma

Fázové schéma je tvořeno fázemi, kde mají současně volno nekolizní nebo podmíněně kolizní proudy na křižovatce. Na obr. 10 vidíme jednotlivé fáze, které jsou k dispozici.



Obr. 10 Fáze na křižovatce
Zdroj: Vlastní zpracování

Z obrázku je patrné, že k provozu křižovatky bude stačit, když budou využity fáze F1 a F4, jelikož fáze F2 a F3 umožňují pouze prodloužení doby zelené jednoho proudu na hlavní komunikaci a tím vzniká čas pro vyklizení levého odbočení. Abych ověřil, zda je toto prodlužování cyklu nutné, nebo bude pouze snižovat kapacitu křižovatky, rozhodl jsem se vytvořit dvě fázová schémata. V prvním případě použiji všechny fáze a v druhém případě využiji pouze fáze F1 a F4. Výhodou dvoufázového schématu bude kratší doba cyklu a tím pádem i vyšší kapacita. Na druhou stranu v případě 4 fází navýším kapacitu pro levé odbočení z hlavní komunikace, takže můžu předpokládat, že u levého odbočení lze dosáhnout vyšší intenzity vozidel.

3.1.1 Čtyřfázové schéma

Prvním krokem k sestavení vhodného fázového schématu je nalezení rozhodujícího mezičasu pro každý možný fázový přechod. Rozhodující mezičas je takový mezičas, který je nejvyšší z mezičasů, mezi dvěma fázemi. Mezičasy se nacházejí v tab. 3.

Tab. 3 Fázové přechody

Fázový přechod			$t_{m,r}$ [s]
F1	→	F2	5
F2	→	F1	5
F1	→	F3	5
F3	→	F1	5
F2	→	F3	5
F3	→	F2	5
F1	→	F4	5
F4	→	F1	5
F2	→	F4	4
F4	→	F2	5
F3	→	F4	5
F4	→	F3	4

Zdroj: Vlastní zpracování

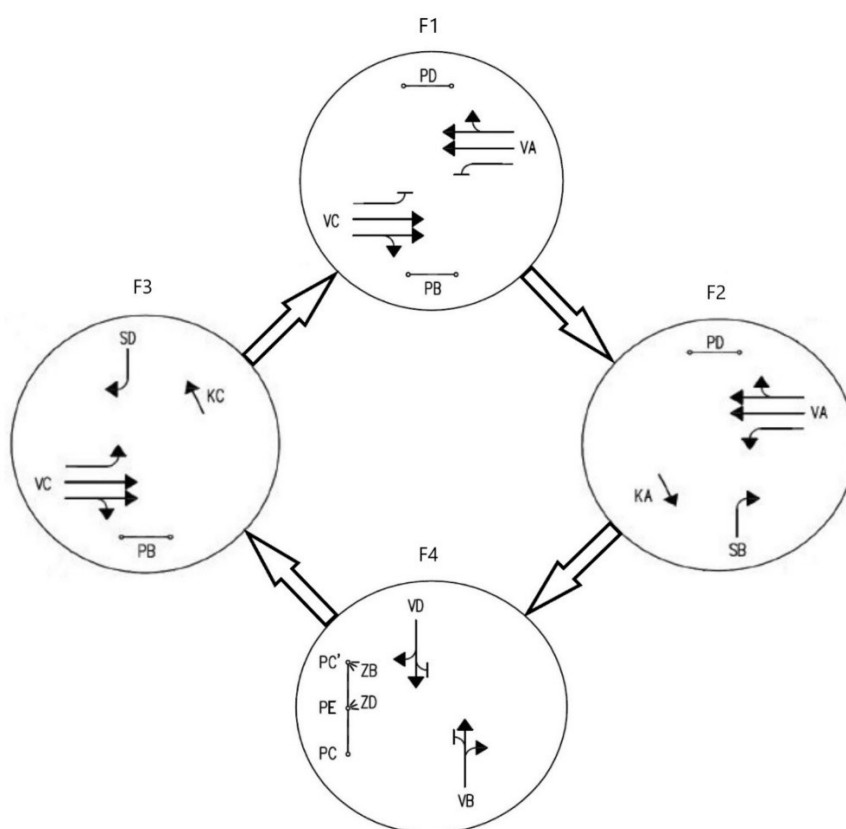
Dalším krokem je sestavit takové fázové schéma, jehož součet rozhodujících mezičasů je minimální. Vytvořím tedy jednotlivé permutace a provedu součet jejich rozhodujících mezičasů.

Tab. 4 Kombinace fázových přechodů

1.	F1	→	5	→	F2	→	5	→	F3	→	5	→	F4	→	5	→	F1	=	20
2.	F1	→	5	→	F3	→	5	→	F2	→	4	→	F4	→	5	→	F1	=	19
3.	F1	→	5	→	F2	→	4	→	F4	→	4	→	F3	→	5	→	F1	=	18
4.	F1	→	5	→	F4	→	5	→	F2	→	5	→	F3	→	5	→	F1	=	20
5.	F1	→	5	→	F3	→	5	→	F4	→	5	→	F2	→	5	→	F1	=	20
6.	F1	→	5	→	F4	→	4	→	F3	→	5	→	F2	→	5	→	F1	=	19

Zdroj: Vlastní zpracování

Součet rozhodujících mezičasů je nejnižší u třetí kombinace, a to 18 sekund. Fázové schéma je vyobrazeno na obr. 11.

**Obr. 11** Čtyřfázové schéma

Zdroj: Vlastní zpracování

3.1.2 Dvoufázové schéma

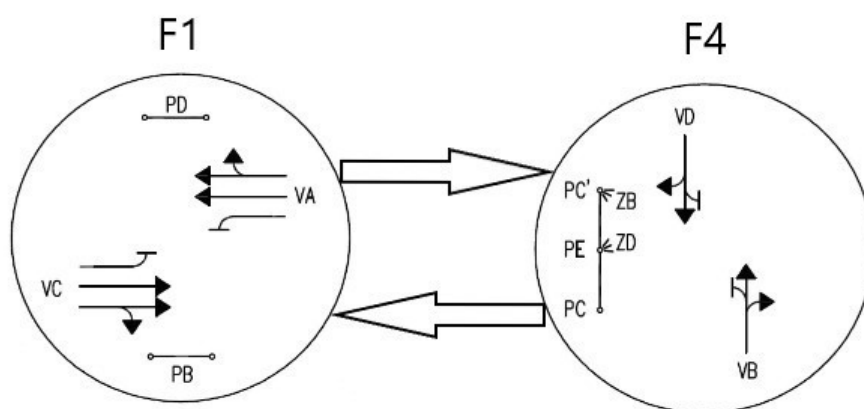
Postup pro získání vhodného dvoufázového schématu je stejný jako u čtyřfázového schématu. Proto již nebudu popisovat postup, ale pouze přiložím tabulku a obrázek výsledného schématu.

Tab. 5 Fázové přechody

Fázový přechod			$t_{m,r}$ [s]
F1	→	F4	5
F4	→	F1	5

Zdroj: Vlastní zpracování

Z počtu fázových přechodů plyne, že je možná pouze jedna kombinace fází se součtem rozhodujících mezičasů 10 sekund.



Obr. 12 Dvojfázové schéma
Zdroj: Vlastní zpracování

3.2 Výpočet signálního plánu metodou saturovaného toku

Pomocí této metody lze určit jak délku zeleného signálu, tak délku cyklu v závislosti na stupni saturace jednotlivých fází. Hodnota základního saturovaného toku, se kterou v této části diplomové práce počítám, je 2000 pvoz/h.

3.2.1 Výpočet signálního plánu metodou saturovaného toku pro čtyřfázové schéma

Výpočty provedu vždy jako vzor pro jedno rameno. Prvním krokem je určit hodnotu saturovaného toku pro daný proud. Ten je ovlivněný podélným sklonem vozovky, poloměrem oblouku a podílem odbočujících vozidel.

Koeficient sklonu řadícího pruhu VA-R,P (dle 1.3)

$$k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot a$$

$$k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot 0 = 1$$

Koeficient oblouku řadícího pruhu VA-R,P (dle 1.4)

$$k_{obl} = \frac{R}{R + 1,5 \cdot f}$$

$$k_{obl} = \frac{9,7}{9,7 + 1,5 \cdot 0,47} = 0,932$$

Saturovaný tok řadícího pruhu VA-R,P (dle 1.2)

$$S_{VA-RP} = S_{zákl} \cdot k_{skl} \cdot k_{obl}$$

$$S_{VA-RP} = 2000 \cdot 1 \cdot 0,932 = 1863 \text{ pvoz/h}$$

Koeficient sklonu řadícího pruhu VA-R (dle 1.3)

$$k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot 0 = 1$$

Koeficient oblouku řadícího pruhu VA-R

VA-R je proud pro přímý směr, tudíž koeficient oblouku = 1

Saturovaný tok řadícího pruhu VA-R (dle 1.2)

$$S_{VA-RP} = 2000 \cdot 1 \cdot 1 = 2000 \text{ pvoz/h}$$

Jakmile jsou vypočteny všechny řadící pruhy, které tvoří jeden vjezd do křižovatky, můžeme sečíst jejich saturované toky, čímž získáme saturovaný tok vjezdu.

Saturovaný tok vjezdu VA (dle 1.1)

$$S_V = \sum_{i=1}^k S_i$$

$$S_V = 1863 + 2000 = 3863 \text{ pvoz/h}$$

Následně je potřeba určit stupeň saturace.

Stupeň saturace vjezdu VA (dle 1.5)

$$y = \frac{I}{S}$$

$$y = \frac{354 + 380}{3863} = 0,190$$

Dalším krokem je určení kritických vjezdů, což jsou takové vjezdy, které mají v dané fázi nejvyšší stupeň saturace. Poté můžeme určit celkový stupeň saturace, který je dán součtem stupňů saturace kritických vjezdů pro jednotlivé fáze signálního plánu. Hodnoty saturovaného toku a stupně saturace pro jednotlivé vjezdy se nacházejí v tab. 6.

Tab. 6 Hodnoty saturovaného toku a stupně saturace

Vjezd	Sv [pvoz/h]	y [-]
VA	3863	0,190
VB	996	0,026
VC	3982	0,172
VD	1000	0,247
VA-L	1840	0,007
VC-L	1877	0,040

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkový stupeň saturace (dle 1.6)

$$Y = \sum_{i=1}^n y_{krit_i}$$

$$Y = 0,190 + 0,274 + 0,007 + 0,040 = 0,484$$

Dále je potřeba vypočítat celkový ztrátový čas za cyklus, což se vypočítá jako součet rozhodujících mezičasů, od kterých je odečten počet fází.

Celkový ztrátový čas za cyklus L (dle 1.7)

$$L = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n t_{m,r_i} - n$$

$$L = 5 + 4 + 4 + 5 - 4 = 14 \text{ s}$$

Jakmile známe celkový ztrátový čas za cyklus a celkový stupeň saturace, můžeme vypočítat optimální délku cyklu.

Optimální délka cyklu (dle 1.8)

$$C_{opt} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y}$$

$$C_{opt} = \frac{1,5 \cdot 14 + 5}{1 - 0,484} = 50,4 \text{ s}$$

Optimální délka cyklu slouží jako orientační hodnota pro návrh reálného cyklu t_c , který se volí v rozmezí $0,75 \cdot C_{opt} < t_c < 1,5 \cdot C_{opt}$. V mém případě jsem zvolil délku cyklu 50 sekund.

Posledním krokem před vytvořením signálního plánu je zjistit délku zelených signálů pro kritické vjezdy. Ty určují délku zeleného signálu pro ostatní vjezdy v daných fázích. Minimální délka zeleného signálu je 5 sekund.

Délka zeleného signálu (dle 1.9)

$$z_i = \frac{y_{krit_i} \cdot (t_c - L)}{Y} - 1$$

$$z_{VA} = \frac{0,190 \cdot (50 - 14)}{0,483} - 1 = 13,1 \text{ s}$$

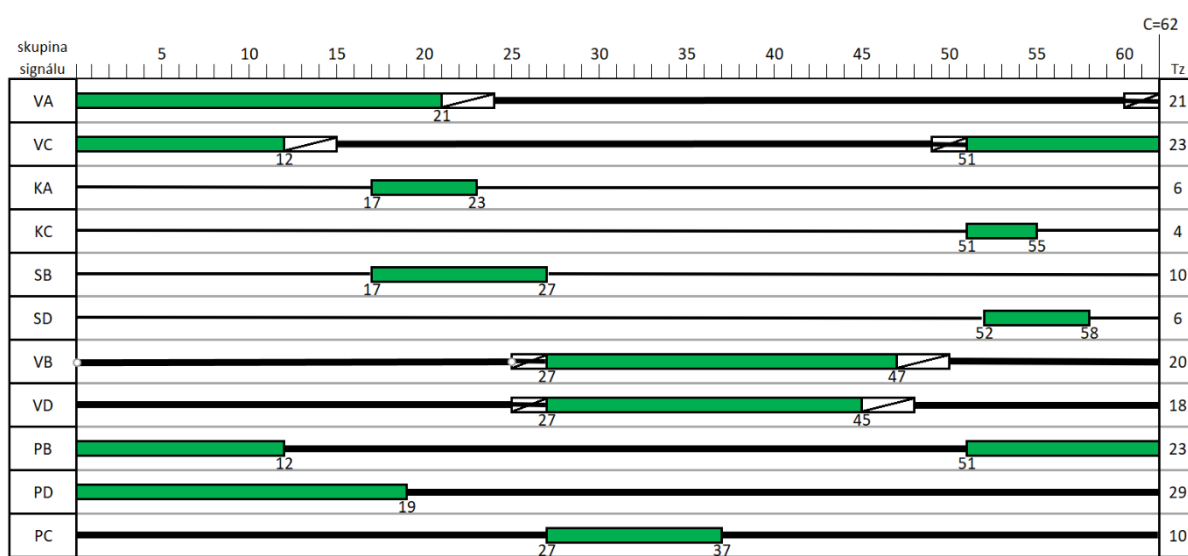
Všechny výsledné hodnoty jsou zaznamenány v tab. 7. Délka zeleného signálu je zde uvedena dvakrát, jednou jako z_i , což je vypočtená hodnota a podruhé jako z , to je hodnota zvolená. V tomto případě byla pro navýšení úrovně kvality přidána jedna sekunda vjezdu VD a VB, a naopak ubrána jedna sekunda vjezdu VA a VC.

Tab. 7 Tabulka výsledných hodnot výpočtů metodou saturevaného toku pro čtyřfázové schéma

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	26	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	289	0,007	11,9	0,2	0,996	0,999	1990
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	12	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	y [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190	13,1	12	0,484	14	50,4	50
VB	996	0,026						
VC	3982	0,172						
VD	1000	0,247	17,4	18				
VA-L	1840	0,007	-0,5	4				
VC-L	1877	0,040	2,0	4				

Zdroj: Vlastní práce

Postup při vytváření signálního plánu byl následovný. Nejdříve byly dosazeny jednotlivé fáze. Poté se zařadily do schématu signály pro přechody pro chodce, u nichž je nutné dodržet pravidlo, kdy chodec by měl vstoupit na přechod dříve nebo ve stejnou dobu, než k tomuto místu přijede odbočující vozidlo, což má za následek prodloužení některých mezičasů. Dalším krokem bylo prodloužení některých zelených signálů tam, kde to dovolovaly mezičasy, a nakonec byly do signálního plánu doplněny doplňkové zelené šipky. Výsledné schéma můžeme vidět na obr. 13.



Obr. 13 Signální plán pro čtyřfázové schéma
Zdroj: Vlastní zpracování

3.2.2 Výpočet signálního plánu metodou saturovaného toku pro dvoufázové schéma

V této části diplomové práce vytvořím signální plán metodou saturovaného toku pro dvoufázové schéma se zaměřením na proud VB. Jelikož vzorce již byly popsány v předchozí části, v této části se tomu již nebudu věnovat a pouze dosadím hodnoty do vzorců.

Koeficient sklonu řadícího pruhu VB (dle 1.3)

$$k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot 0,2 = 0,996$$

Koeficient oblouku řadícího pruhu VB (dle 1.4)

$$k_{obl} = \frac{1,5}{1,5 + 1,5 \cdot 1} = 0,5$$

Saturovaný tok řadícího pruhu VB (dle 1.2)

$$S_{VB} = 2000 \cdot 0,996 \cdot 0,5 = 996 \text{ pvoz/h}$$

Saturovaný tok vjezdu VB

Jelikož z ramene B je pouze jeden vjezd do křižovatky, tak saturovaný tok vjezdu je stejný jako saturovaný tok řadícího pruhu.

Stupeň saturace vjezdu VB (dle 1.5)

$$y = \frac{26}{996} = 0,026$$

Jednotlivé stupně saturace jsou uvedeny v tab. 8.

Celkový stupeň saturace (dle 1.6)

$$Y = 0,190 + 0,247 = 0,437$$

Celkový ztrátový čas za cyklus L (dle 1.7)

$$L = 5 + 5 - 2 = 8 \text{ s}$$

Optimální délka cyklu (dle 1.8)

$$C_{opt} = \frac{1,5 \cdot 8 + 5}{1 - 0,437} = 30,2 \text{ s}$$

Kvůli přechodům pro chodce jsem cyklus zvolil delší, a to 40 sekund. Jelikož vjezd VB není kritickým vjezdem, dále budu počítat s vjezdem VA.

Délka zeleného signálu vjezdu VA (dle 1.9)

3.2.3 Kapacitní posouzení křižovatky u čtyřfázového schématu

Po vytvoření signálního plánu, ze kterého je možné vyčíst délku zeleného signálu, je možné přejít na kapacitní posouzení křižovatky. Nejprve je potřeba přepočítat délku zeleného signálu na délku efektivního zeleného signálu podle tab. 3. V tomto případě jsou všechny délky zeleného signálu vyšší než 10 sekund, takže efektivní délka zeleného signálu je stejná jako vypočítaná délka zeleného signálu. Kapacitní výpočet byl proveden vzorově na vjezdu VA a také pro podmíněně kolizní levé odbočení VA-L.

Kapacita vjezdu VA (dle 1.10)

K výpočtu kapacity vjezdu je nejdříve potřeba znát hodnotu saturovaného toku. Ta se vypočítá stejně jako při tvorbě signálního plánu, tedy podle vzorců 1.1 a 1.2.

$$S_{VA} = S_{VA-RP} + S_{VA-R}$$

$$S_{VA} = 2000 \cdot 1 \cdot 0,932 + 2000 \cdot 1 \cdot 1 = 3863 \text{ pvoz/h}$$

$$C_v = S_v \cdot \frac{z'}{t_c}$$

$$C_v = 3863 \cdot \frac{21}{62} = 1308 \text{ pvoz/h}$$

Dalším ukazatel kvality dopravy je rezerva kapacity vjezdu, která je odvislá od poměru intenzity vjezdu a kapacity vjezdu.

Rezerva kapacity vjezdu VA (dle 1.15)

$$Rez = \left(1 - \frac{I_v}{C_v}\right) \cdot 100$$

$$Rez = \left(1 - \frac{734}{1308}\right) \cdot 100 = 44 \%$$

Střední doba zdržení vjezdu VA (dle 1.16)

$$t_w = 0,45 \cdot \left[\frac{(t_c - z')^2 \cdot C_v}{C_v \cdot t_c - I_v \cdot z'} + \frac{3600 \cdot I_v}{C_v^2 - I_v \cdot C_v} \right]$$

$$t_w = 0,45 \cdot \left[\frac{(62 - 21)^2 \cdot 1308}{1308 \cdot 62 - 734 \cdot 21} + \frac{3600 \cdot 734}{1308^2 - 734 \cdot 1308} \right] = 16,6 \text{ s}$$

Délka fronty vjezdu VA (dle 1.17)

$$L_f = 6,0 \cdot \frac{(t_c - z') \cdot I_v}{n_p \cdot 3600}$$

$$L_f = 6,0 \cdot \frac{(62 - 21) \cdot 734}{2 \cdot 3600} = 25,1 \text{ m}$$

Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem (dle 1.11)

Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem se skládá z dílčích kapacit.

$$C_l = C_{l1} + C_{l2} + C_{l3}$$

Dílčí kapacita levého odbočení řadícího pruhu VA-L v době zelené protisměru (dle 1.12)

$$C_{l1} = \frac{(1400 - 1,2 \cdot I_p) \cdot (z_p \cdot S_p - I_p \cdot t_c)}{t_c \cdot (S_p - I_p)}$$

$$C_{l1} = \frac{(1400 - 1,2 \cdot 683) \cdot (12 \cdot 3982 - 683 \cdot 62)}{62 \cdot (3982 - 638)} = 15 \text{ pvoz/h}$$

Dílčí kapacita levého odbočení řadícího pruhu VA-L po skončení vlastní zelené (dle 1.13)

$$C_{l2} = \frac{N_a \cdot 3600}{t_c}$$

$$C_{l2} = \frac{2 \cdot 3600}{62} = 116 \text{ pvoz/h}$$

Dílčí kapacita levého odbočení řadícího pruhu VA-L neovlivněná protisměrem (dle 1.14)

$$C_{l3} = S_l \cdot \frac{Z_o}{t_c}$$

$$C_{l3} = 1840 \cdot \frac{11}{62} = 327 \text{ pvoz/h}$$

Po dosazení vypadá výsledná kapacita levého odbočení řadícího pruhu VA-L takto:

$$C_l = 15 + 116 + 327 = 458 \text{ pvoz/h}$$

Všechny hodnoty jsou uvedeny v tab. 9, včetně vyhodnocení úrovně kvality dopravy.

Tab. 9 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	62	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	683	3982	12	15	2	116	1840	11	327	458
VC-L	734	3863	12	2	2	116	1877	11	333	451
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	21	3863	1308	44	25		17	A	C
VC	683	23	3982	1477	54	22		14	A	C
VA-L	12	23	1840	458	97	1		11	A	C
VC-L	76	23	1877	451	83	5		13	A	C
VB	26	20	996	321	92	2		14	A	E
VD	247	18	1000	290	15	18		50	D	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

3.2.4 Kapacitní posouzení křižovatky u dvoufázového schématu

V této části práce provedu vzorový kapacitní výpočet pro vjezd VB

Kapacita vjezdu VB (dle 1.10)

$$S_{VB} = 2000 \cdot 0,996 \cdot 0,5 = 996 \text{ pvoz/h}$$

$$C_v = 996 \cdot \frac{17}{42} = 403 \text{ pvoz/h}$$

Rezerva kapacity vjezdu VB (dle 1.15)

$$Rez = \left(1 - \frac{26}{403}\right) \cdot 100 = 93,6\%$$

Střední doba zdržení vjezdu VB (dle 1.16)

$$t_w = 0,45 \cdot \left[\frac{(42 - 17)^2 \cdot 403}{403 \cdot 62 - 26 \cdot 17} + \frac{3600 \cdot 26}{403^2 - 26 \cdot 403} \right] = 7,2 \text{ s}$$

Délka fronty vjezdu VB (dle 1.17)

$$L_f = 6,0 \cdot \frac{(42 - 17) \cdot 26}{1 \cdot 3600} = 1,1 \text{ m}$$

Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem (dle 1.11)

Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem se skládá z dílčích kapacit.

$$C_l = C_{l1} + C_{l2} + C_{l3}$$

Dílčí kapacita levého odbočení řadícího pruhu VC-L v době zelené protisměru (dle 1.12)

$$C_{l1} = \frac{(1400 - 1,2 \cdot 734) \cdot (13 \cdot 3863 - 734 \cdot 42)}{42 \cdot (3863 - 734)} = 77 \text{ pvoz/h}$$

Dílčí kapacita levého odbočení řadícího pruhu VC-L po skončení vlastní zelené (dle 1.13)

$$C_{l2} = \frac{2 \cdot 3600}{42} = 171 \text{ pvoz/h}$$

Dílčí kapacita levého odbočení řadícího pruhu VC-L v neovlivněném protisměrem (dle 1.14)

$$C_{l3} = 1877 \cdot \frac{1}{42} = 45 \text{ pvoz/h}$$

Po dosazení vypadá výsledná kapacita levého odbočení proudu VC takto:

$$C_l = 65 + 171 + 45 = 293 \text{ pvoz/h}$$

Všechny hodnoty jsou uvedeny v tab. 10, včetně vyhodnocení úrovně kvality dopravy.

Tab. 10 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina						Délka cyklu t_c (s)	42		
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	683	3982	13	97	2	171	1840	0	0	268
VC-L	734	3863	13	77	2	171	1877	1	45	293
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	13	3863	1196	39	18		13	A	C
VC	683	14	3982	1327	49	16		11	A	C
VA-L	12	13	1840	268	96	1		9	A	C
VC-L	76	14	1877	293	74	4		11	A	C
VB	26	17	996	403	94	1		7	A	E
VD	247	17	1000	405	39	10		15	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

4 Návrh scénářů a jejich kapacitní posouzení

V předchozích krocích jsem ověřil současný kapacitní stav křižovatky, kdy intenzity byly získány pomocí vlastního měření. V této části diplomové práce se věnuji navýšování intenzit kvůli výstavbě obchodního centra, která nepochybně do jisté míry intenzity vozidel na křižovatce ovlivní. Tento postup je velice subjektivní a je možné, že intenzity se mohou vyvíjet jinak, než jak je prognózuji v mé práci.

U vozidel přijíždějících do obchodního centra po silnici I/35 směrem ze Slovenska, a tedy i z centra města, se očekává, že odbočí na předchozí křižovatce, čímž zvolí nejkratší možnou cestu. Jelikož na předchozí křižovatce může docházet ke kongescím, někteří řidiči mohou postupovat tak, že využijí možnosti odbočit na vyšetřované křižovatce. Z toho důvodu budu navýšovat intenzity i na řadícím pruhu VA-L.

Dalším proudem, kde bude docházet k navýšení intenzity je pravé odbočení na řadícím pruhu VC-P,R. Zde se dá očekávat nárůst intenzity vozidel přijíždějících z okolních obcí do obchodního centra. Navýšení na těchto dvou řadících pruzích se poté projeví na vjezdu VB a to tak, že celkové navýšení se sečte a o tuto hodnotu bude vjezd VB oproti stávající intenzitě navýšen.

4.1 Scénář č.1: Navýšení intenzity o 100 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P

V tomto scénáři bude navýšena intenzita odbočujících vozidel z řadícího pruhu VC-R,P o 100 pvoz/h. Na tomto proudu dle mého názoru dojde v praxi k nejvyššímu navýšení intenzity, proto budu s navýšováním intenzit cílit především na tento proud.

Navýšení intenzit pro čtyřfázové schéma

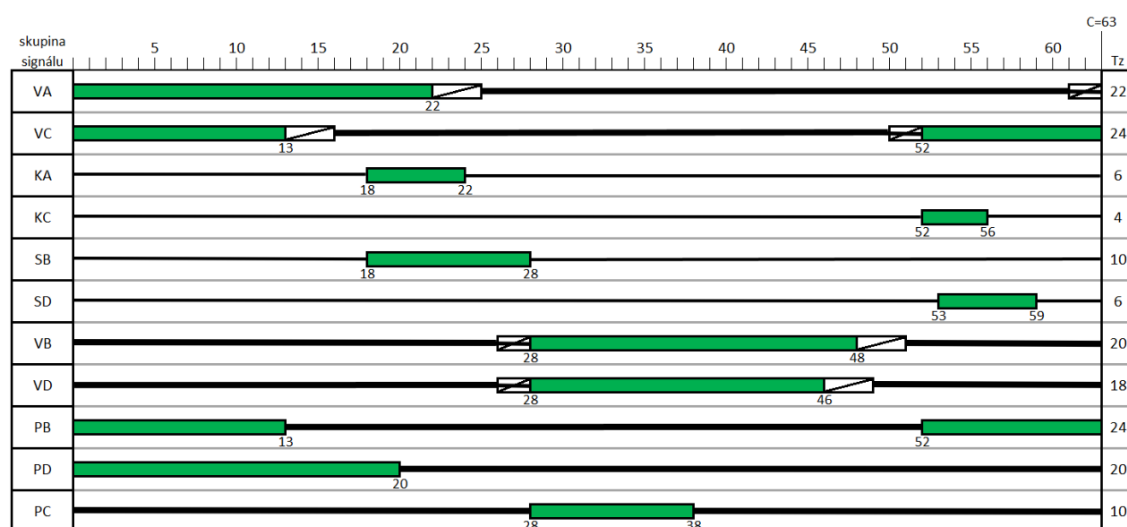
V tab. 11 můžeme vidět nově navržené intenzity a také jednotlivé hodnoty výpočtu signálního plánu metodou saturovaného toku pro čtyřfázové schéma.

Tab. 11 Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma prvního scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	126	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	389	0,262	11,9	0,2	0,996	0,968	1928
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	12	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,494	14	51,4	50
VB	996	0,127						
VC	3920	0,200	13,6	13				
VD	1000	0,247	17,0	18				
VA-L	1840	0,007	-0,5	4				
VC-L	1877	0,040	2,0	4				

Zdroj: Vlastní zpracování

Na obr. 15 je vyobrazen signální plán pro čtyřfázové schéma. Délka cyklu byla prodloužena o 13 sekund vlivem přidání zelených signálů pro chodce, které mají delší vyklizovací mezičasy než vozidlové proudy.



Obr. 15 Signální plán pro čtyřfázové schéma prvního scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledné hodnoty kapacitního posouzení čtyřfázového schématu jsou v tab. 12. Úroveň kvality dopravy na hlavní a místní komunikaci dosahuje hodnocení A, na účelové komunikaci hodnocení D, což znamená, že všechny vjezdy vyhovují požadavkům na úroveň kvality. Doba zdržení na hlavní komunikaci se pohybuje v rozmezí 11 až 16 sekund. Nejvyšší doba zdržení je na příjezdu z účelové komunikace na rameni D, a to 55 sekund.

Tab. 12 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma prvního scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	63	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	783	3920	14	13	2	114	1840	11	321	449
VC-L	734	3863	14	21	2	114	1877	11	328	463
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	22	3863	1349	46	25		16	A	C
VC	783	24	3920	1493	48	25		15	A	C
VA-L	12	24	1840	449	97	1		11	A	C
VC-L	76	24	1877	463	84	5		12	A	C
VB	126	20	996	316	60	9		19	A	E
VD	247	18	1000	286	14	19		55	D	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

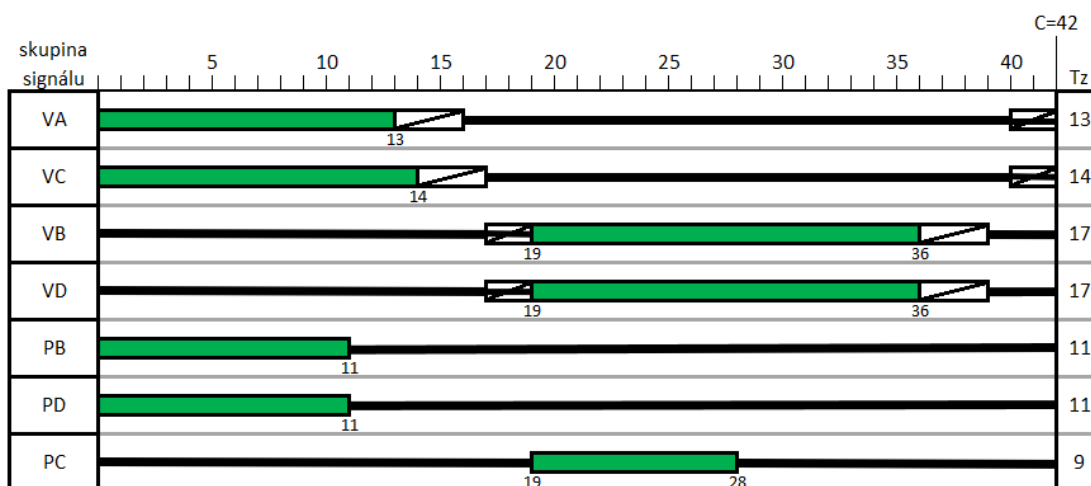
U dvoufázového schématu vyšla optimální délka cyklu 30,7 sekund, ovšem kvůli přechodům pro chodce byla zvolena délka cyklu 40 sekund. Všechny hodnoty se nacházejí v tab. 13.

Tab. 13 Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma prvního scénáře

Řádicí pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,00	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,00	1,000	1,000	2000
VB	2	126	1,000	1,5	0,20	0,996	0,500	996
VC-RP	1	389	0,262	11,9	0,20	0,996	0,968	1928
VC-R	1	394	0,000	-	0,20	0,996	1,000	1992
VD	2	247	1,000	1,5	0,00	1,000	0,500	1000
VA-L	1	12	1,000	17,3	0,00	1,000	0,920	1840
VC-L	1	76	1,000	24,5	0,20	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,447	8	30,7	40
VB	996	0,127						
VC	3920	0,200	13,3	13				
VD	1000	0,247	16,7	17				
VA-L	1840	0,007						
VC-L	1877	0,040						

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak můžeme vidět na obr. 16, signální plán se prodloužil oproti zvolené délce o 2 sekundy vlivem delších vyklizovacích mezer pro chodce. Oproti čtyřfázovému schématu je toto schéma o 21 sekund kratší, což se projevuje na plynulosti provozu na křižovatce.



Obr. 16 Signální plán pro dvoufázové schéma prvního scénáře

Zdroj: Vlastní zpracování

V tab. 14 jsou výsledné hodnoty kapacitního posouzení pro dvoufázové schéma. Úroveň kvality dopravy dosahuje na všech vjezdech hodnocení A. Doba zdržení vozidel ve frontě je nejvyšší na vjezdu VD, a to 15 sekund a nejdelší fronta může dosahovat 18metrů na vjezdech VA a VC.

Tab. 14 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma prvního scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235									Protokol 4	
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	42	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	14	47	2	171	1840	0	0	218
VC-L	734	3863	14	92	2	171	1877	1	45	308
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	14	3863	1288	43	17		12	A	C
VC	883	15	3886	1388	36	20		12	A	C
VA-L	12	14	1840	218	94	1		9	A	C
VC-L	76	15	1877	308	75	3		10	A	C
VB	226	16	996	379	40	10		16	A	E
VD	247	16	1000	381	35	11		17	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 Scénář č.2: Navýšení intenzity o 200 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P

Druhý scénář bude simulovat navýšení intenzity o 200 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P a v důsledku toho i na vjezdu VB.

Navýšení intenzit pro čtyřfázové schéma

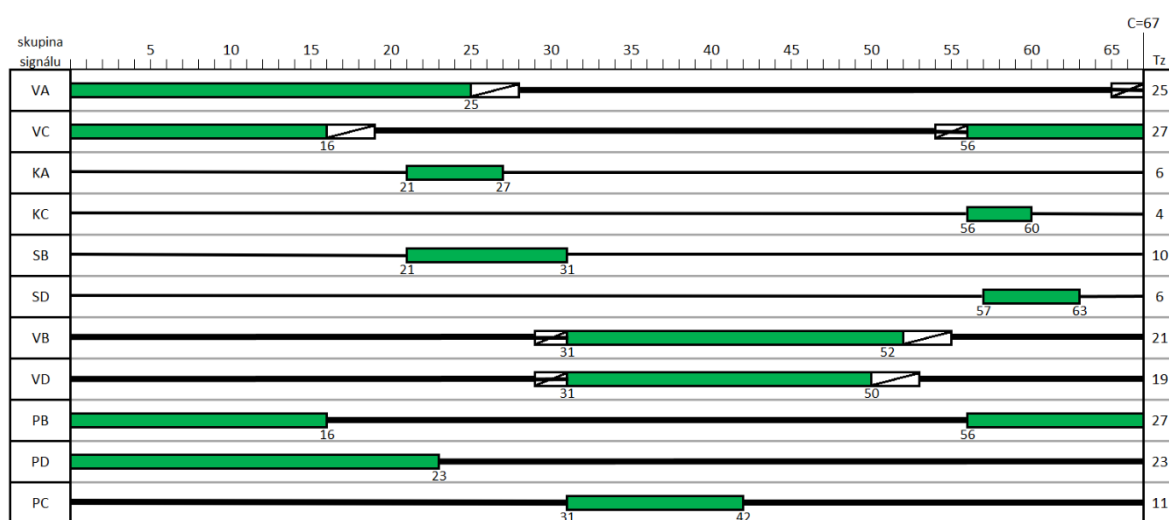
Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma se nachází v tab. 15. Zvolená délka cyklu činí 54 sekund.

Tab. 15 Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma druhého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	226	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	489	0,410	11,9	0,2	0,996	0,951	1894
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	12	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,521	14	54,3	54
VB	996	0,227						
VC	3886	0,227	16,4	16				
VD	1000	0,247	18,0	19				
VA-L	1840	0,007	-0,5	4				
VC-L	1877	0,040	2,1	4				

Zdroj: Vlastní práce

Signální plán, který se nachází na obr. 17, byl prodloužen oproti zvolené délce cyklu o 13 sekund na délku 67 sekund.

Obr. 17 Signální plán pro čtyřfázové schéma druhého scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Dle kapacitního posouzení v tab. 16 splňuje křižovatka požadovanou úroveň kvality dopravy na všech vjezdech. Nejvyšší hodnotu střední doby zdržení lze očekávat na vjezdu VD, a to 59 sekund. Fronta se bude tvořit především na vjezdu VC a na konci cyklu by neměla přesáhnout délku 29 metrů.

Tab. 16 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma druhého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235									Protokol 4	
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	67	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	16	5	2	107	1840	11	302	415
VC-L	734	3863	16	31	2	107	1877	11	308	447
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažen	požadovaná
VA	734	25	3863	1441	49	26		16	A	C
VC	883	27	3886	1566	44	29		15	A	C
VA-L	12	27	1840	415	97	1		11	A	C
VC-L	76	27	1877	447	83	5		12	A	C
VB	226	21	996	312	28	17		32	B	E
VD	247	19	1000	284	13	20		59	D	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

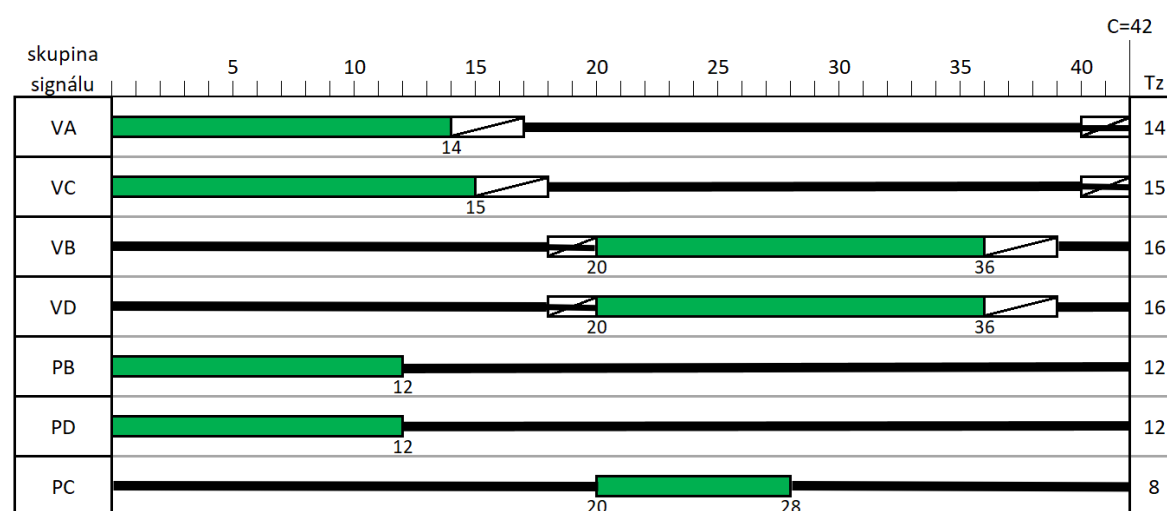
Jelikož optimální délka cyklu dle tab. 17 vyšla 32,3 sekund, byla opět navýšena délka cyklu na 40 sekund. Podle délky cyklu byla následně vypočtena délka zeleného signálu pro jednotlivé fáze. První fáze, v níž se nachází vjezdy VA, VC, VA-L a VC-L trvá 14 sekund a druhá fáze s vjezdy VB a VD trvá 16 sekund.

Tab. 17 Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma druhého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	2	226	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	489	0,410	11,9	0,2	0,996	0,951	1894
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	2	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	1	12	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	1	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,474	8	32,3	40
VB	996	0,227						
VC	3886	0,227	14,3	14				
VD	1000	0,247	15,7	16				
VA-L	1840	0,007						
VC-L	1877	0,040						

Zdroj: Vlastní zpracování

Oproti čtyřfázovému signálnímu plánu je dvoufázový signální plán, který se nachází na obr. 18, o 25 sekund kratší.

Obr. 18 Signální plán pro dvoufázové schéma druhého scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Úroveň kvality dopravy je dle tab. 18 na všech vjezdech do křižovatky hodnocená jako nejlepší, tedy A. Střední doba zdržení dosahuje na vjezdu VD hodnoty 17 sekund a délka fronty se může vytvořit nejdelší na vjezdu VC a to 20 metrů.

Tab. 18 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma druhého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	42	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	14	47	2	171	1840	0	0	218
VC-L	734	3863	14	92	2	171	1877	1	45	308
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	14	3863	1288	43	17		12	A	C
VC	883	15	3886	1388	36	20		12	A	C
VA-L	12	14	1840	218	94	1		9	A	C
VC-L	76	15	1877	308	75	3		10	A	C
VB	226	16	996	379	40	10		16	A	E
VD	247	16	1000	381	35	11		17	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3 Scénář č.3: Navýšení intenzity o 200 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P a o 80 pvoz/h na řadícím pruhu VA-L

Tento scénář vychází z druhého scénáře s tím rozdílem, že dojde k navýšení intenzit také na řadícím pruhu VA-L, a to o 80 pvoz/h. Na vjezdu VB dojde tedy k celkovému navýšení o 280 pvoz/h.

Navýšení intenzit pro čtyřfázové schéma

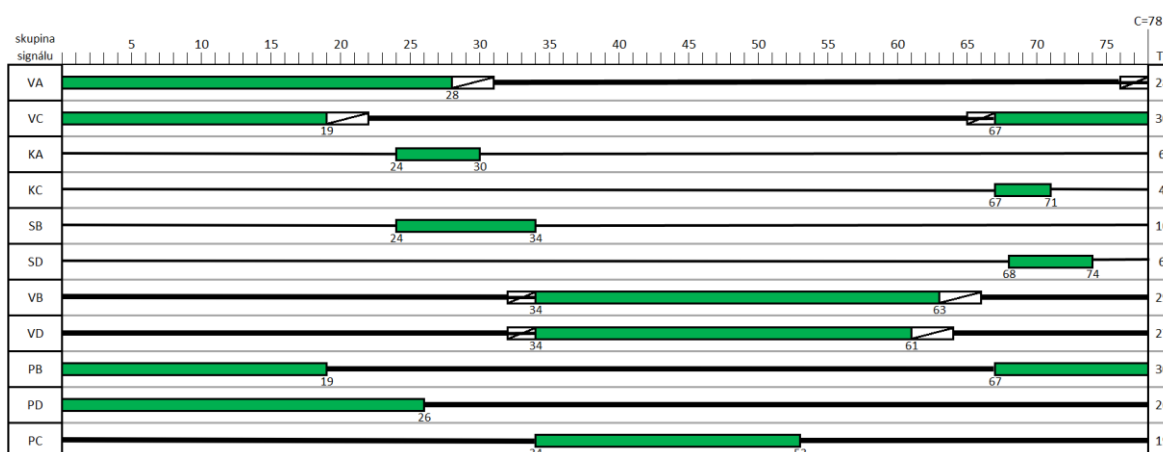
Výsledné hodnoty signálního plánu metodou saturovaného toku se nachází v tab. 19. S nárůstem intenzity došlo zároveň k prodloužení délky cyklu, a to na 70 sekund. Nejdelší bude čtvrtá fáze s délkou minimálně 27 sekund.

Tab. 19 Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma třetího scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-R,P	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	1000,0	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	306	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-R,P	1	489	0,410	11,9	0,2	0,996	0,951	1894
VC-R	1	394	0,000	1000,0	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	92	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,625	14	69,3	70
VB	996	0,307	26,5	27				
VC	3886	0,227	19,4	19				
VD	1000	0,247						
VA-L	1840	0,050	3,5	4				
VC-L	1877	0,040	2,6	4				

Zdroj: Vlastní zpracování

Vlivem navýšení intenzity na řadícím pruhu VA-L o 80 pvoz/h došlo oproti předchozímu scénáři k prodloužení délky cyklu o 11 sekund. Signální plán je vyobrazen na obr. 19.

Obr. 19 Signální plán pro čtyřfázové schéma třetího scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Podle kapacitního posouzení z tab. 20 je možno říct, že úroveň kvality dopravy je pro danou křižovatku vyhovující. Hlavní komunikace dosahuje úrovně kvality A, místní a

účelová komunikace dosahuje kvality C respektive B. Nejvyšší hodnota střední doby zdržení je 41 sekund na vjezdu VB, na hlavní komunikaci se tato doba pohybuje mezi 15 až 19 s. Fronta se bude tvořit především na vjezdech VA a VC, kde u druhého jmenovaného vjezdu může dosahovat až 35 metrů.

Tab. 20 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma třetího scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	78	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p	S_p	z_p	C_{L1}	N_A	C_{L2}	S_L	z_o	C_{L3}	C_L
	(pvoz/h)	(pvoz/h)	(s)	(pvoz/h)	(pvoz)	(pvoz/h)	(pvoz/h)	(s)	(pvoz/h)	(pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	19	7	2	92	1840	11	260	359
VC-L	734	3863	19	34	2	92	1877	11	265	391
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v	z	S_v	C_v	Rez	L_{F1}	L_{F2}	t_w	ÚKD	
	(pvoz/h)	(s)	(pvoz/h)	(pvoz/h)	(%)	(m)	(m)	(s)	dosažená	požadovaná
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
VA	734	28	3863	1387	47	31		19	A	C
VC	883	30	3886	1495	41	35		19	A	C
VA-L	92	30	1840	359	74	7		16	A	C
VC-L	76	30	1877	391	81	6		15	A	C
VB	306	29	996	370	17	25		41	C	E
VD	247	27	1000	346	29	21		32	B	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

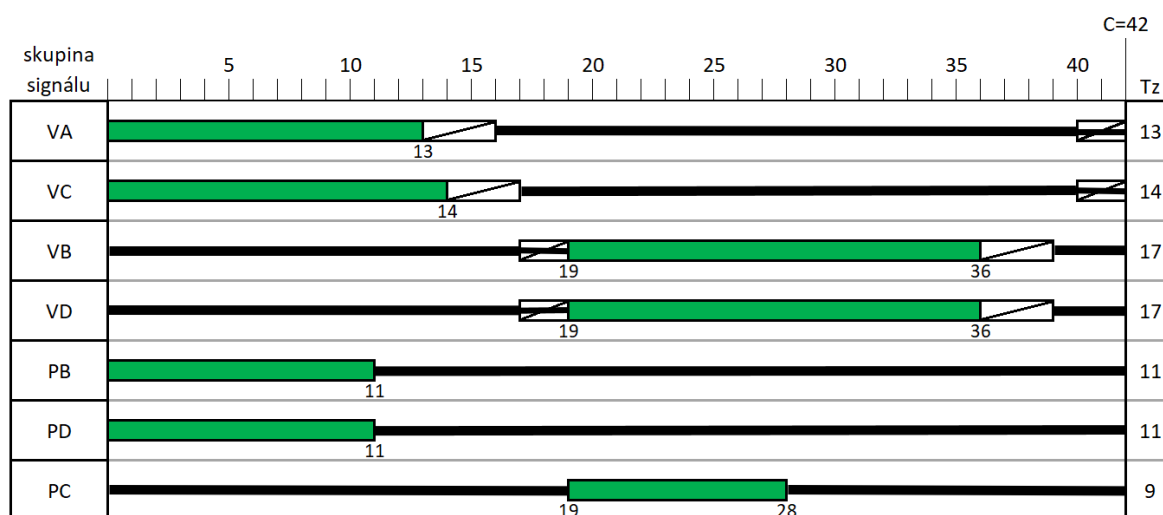
I v tomto případě, kdy optimální délka cyklu vyšla 36,5 sekund, byl cyklus prodloužen na 40 sekund. Délka zeleného signálu se oproti druhému scénáři ve fázi 1 o jednu sekundu zkrátila, a naopak ve fázi 2 se o jednu sekundu prodloužila. Výsledné hodnoty se nacházejí v tab. 21.

Tab. 21 Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma třetího scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-R,P	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	2	306	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-R,P	1	489	0,410	11,9	0,2	0,996	0,951	1894
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	2	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	1	92	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	1	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,534	8	36,5	40
VB	996	0,307	17,4	17				
VC	3886	0,227	12,6	13				
VD	1000	0,247						
VA-L	1840	0,050						
VC-L	1877	0,040						

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak už bylo napsáno v předchozím odstavci, oproti předchozímu scénáři došlo pouze ke zkrácení jedné fáze a následně prodloužení fáze druhé, jak můžeme také vidět na obr. 20.



Obr. 20 Signální plán pro dvoufázové schéma třetího scénáře

Zdroj: Vlastní zpracování

Úroveň kvality dopravy u dvoufázového signálního plánu je splněna na všech vjezdech. Nejvyšší střední doba zdržení je 22 sekund na vjezdu VB, na hlavní komunikaci

dosahuje nejvyšší hodnoty řadící pruh VA-L se zdržením 17 sekund. Délka fronty může dosahovat až 21 metrů, a to na vjezdu VC. Všechny hodnoty jsou zaznamenány v tab. 22.

Tab. 22 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma třetího scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	42	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	13	36	2	171	1840	0	0	208
VC-L	734	3863	13	77	2	171	1877	1	45	293
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	13	3863	1196	39	18		13	A	C
VC	883	14	3886	1295	32	21		14	A	C
VA-L	92	13	1840	208	56	4		17	A	C
VC-L	76	14	1877	293	74	4		11	A	C
VB	306	17	996	403	24	13		22	B	E
VD	247	17	1000	405	39	10		15	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

4.4 Scénář č.4: Navýšení intenzity o 200 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P a o 160 pvoz/h na řadícím pruhu VA-L

Tento scénář vychází ze scénáře č.3 s tím rozdílem, že navýšení intenzity na řadícím pruhu VA-L bude činit 160 pvoz/h. Takto vysoká intenzita může způsobit problém hlavně u dvoufázového schématu, kde je ve srovnání se čtyřfázovým schématem nižší kapacita řadícího pruhu VA-L.

Navýšení intenzit pro čtyřfázové schéma

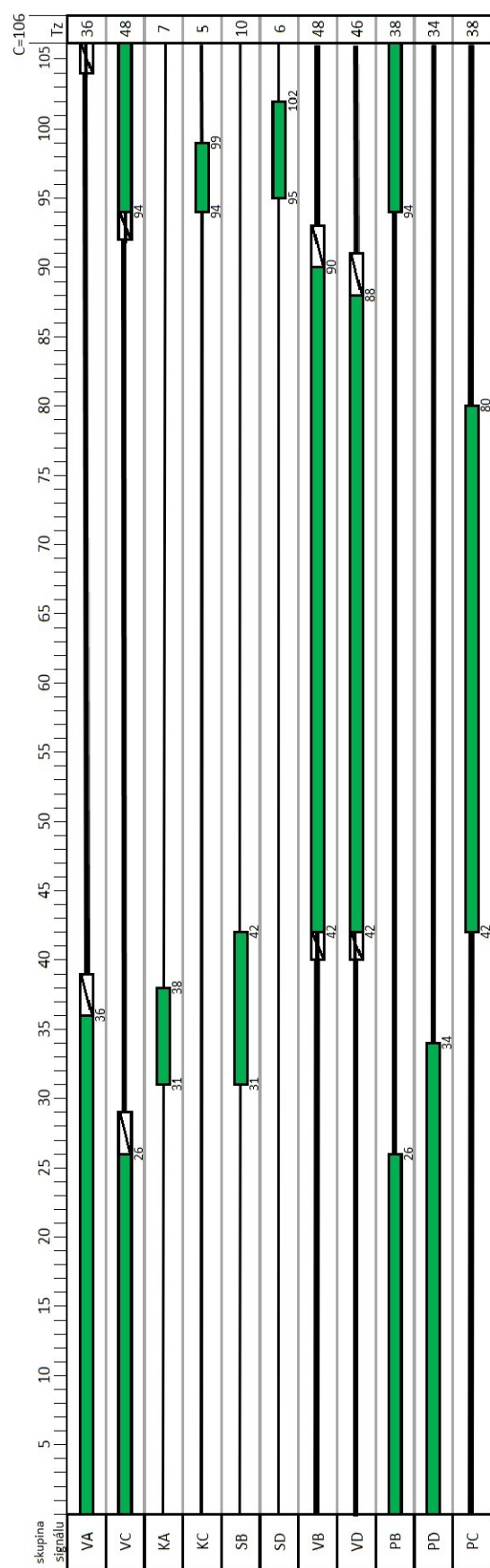
U čtvrtého scénáře vlivem zvýšení intenzity došlo k prodloužení optimální délky cyklu na 103,5 sekund, zvolená délka cyklu činí 104 sekund. Oproti jiným scénářům byla navýšena doba pro vyklizení křižovatky řadících pruhů VA-L a VC-L ze 4 sekund na 5 sekund. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. 23.

Tab. 23 Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma čtvrtého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	386	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	489	0,410	11,9	0,2	0,996	0,951	1894
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	172	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,749	14	103,5	104
VB	996	0,388	45,6	46				
VC	3886	0,227	26,3	26				
VD	1000	0,247						
VA-L	1840	0,093	10,2	5				
VC-L	1877	0,040	3,9	5				

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak můžeme vidět na obr. 21, signální plán pro čtyřfázové schéma se oproti vypočtené délce signálního plánu prodloužil o 2 sekundy na 106 sekund.



Obr. 21 Signální plán pro čtyřfázové schéma čtvrtého scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Čtyřfázové schéma i po navýšení intenzit vykazuje dostatečnou rezervu kapacity na všech vjezdech. Navýšení intenzit se projevilo zejména na vjezdu VB, kde střední doba zdržení stoupla na 45 sekund. Dále můžeme v tab. 24 vidět, že nejdelší fronta se může vytvořit na vjezdu VC, a to o délce až 50 metrů.

Tab. 24 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma čtvrtého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	106	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	26	8	2	68	1840	12	208	284
VC-L	734	3863	26	35	2	68	1877	12	212	316
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	36	3863	1312	44	43		27	B	C
VC	883	38	3886	1393	37	50		27	B	C
VA-L	172	38	1840	284	39	19		34	B	C
VC-L	76	38	1877	316	76	9		23	B	C
VB	386	48	996	451	14	37		45	C	E
VD	247	46	1000	434	43	25		25	B	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

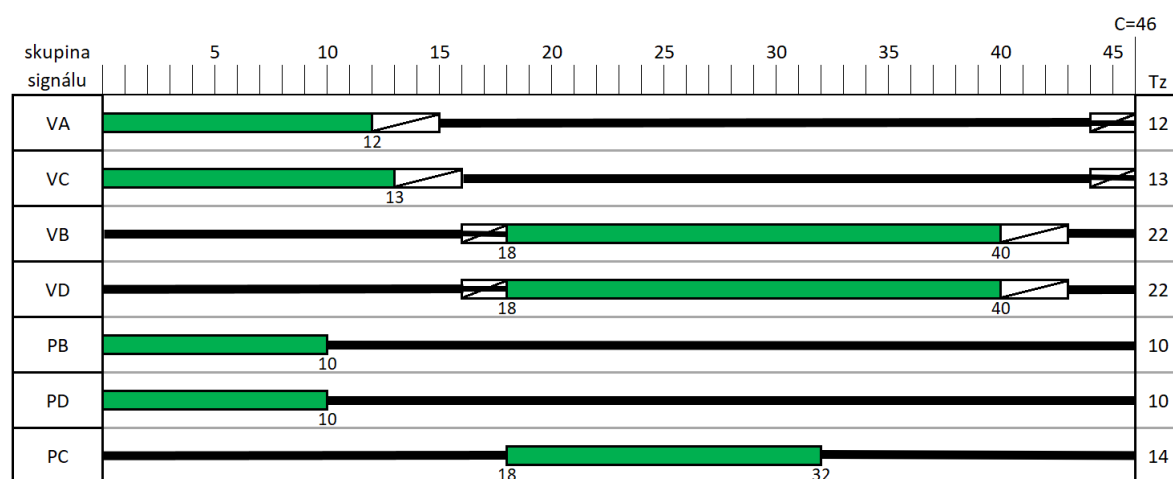
Jak můžeme vidět v tab. 25, oproti předchozím scénářům došlo k navýšení optimální délky cyklu na 44 sekund, takže již není potřeba navyšovat délku cyklu kvůli přechodům pro chodce a zvolená délka cyklu činí rovněž 44 sekund.

Tab. 25 Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma čtvrtého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k_{skl} [-]	k_{obl} [-]	S_i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	2	386	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	489	0,410	11,9	0,2	0,996	0,951	1894
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	2	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	1	172	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	1	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S_v [pvoz/h]	γ [-]	z_i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C_{opt} [s]	T_c [s]
VA	3863	0,190			0,615	8	44,1	44
VB	996	0,388	21,7	22				
VC	3886	0,227	12,3	12				
VD	1000	0,247						
VA-L	1840	0,093						
VC-L	1877	0,040						

Zdroj: Vlastní zpracování

Signální plán na obr. 22 byl navržen s ohledem na zvolenou délku cyklu 44 sekund. Vlivem přidání signálů pro chodce došlo k prodloužení délky cyklu o 2 sekundy.

Obr. 22 Signální plán pro čtyřfázové schéma čtvrtého scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Kapacitní posouzení v tab. 26 ukázalo, že v případě navýšení intenzit, a to především na řadícím pruhu VA-L, začne docházet ke kongescím. Z toho plyne, že takovéto řízení křižovatky není schopné odbavovat pruhy pro levé podmíněně kolizní odbočení o vyšších

intenzitách. Vzhledem k tomu, že rezerva kapacity vjezdu je nulová, dochází k tomu, že zde začíná vznikat mírná fronta, která by měla dosahovat po hodině provozu maximálně délky 14 metrů.

Tab. 26 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma třetího scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	46	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	883	3886	12	15	2	157	1840	0	0	171
VC-L	734	3863	12	45	2	157	1877	1	41	243
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	12	3863	1008	27	21		18	A	C
VC	883	13	3886	1098	20	24		20	A	C
VA-L	172	12	1840	171	0		14		F	C
VC-L	76	13	1877	243	69	4		15	A	C
VB	386	22	996	476	19	15		24	B	E
VD	247	22	1000	478	48	10		11	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka nevykazuje dostatečnou rezervu kapacity na vjezdu VA-L a tudíž nevyhovuje požadavkům ÚKD.										

Zdroj: Vlastní zpracování

4.5 Scénář č.5: Navýšení intenzity o 300 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P a o 80 pvoz/h na řadícím pruhu VA-L

Jelikož třetí scénář kapacitně vyhovoval v obou případech, v pátém scénáři dojde k dalšímu navýšení intenzity na řadícím pruhu VC-R,P o dalších 100 pvoz/h na 300 pvoz/h a řadícím pruhu bude intenzita vyšší oproti naměřené hodnotě o 80 pvoz/h.

Navýšení intenzit pro čtyřfázové schéma

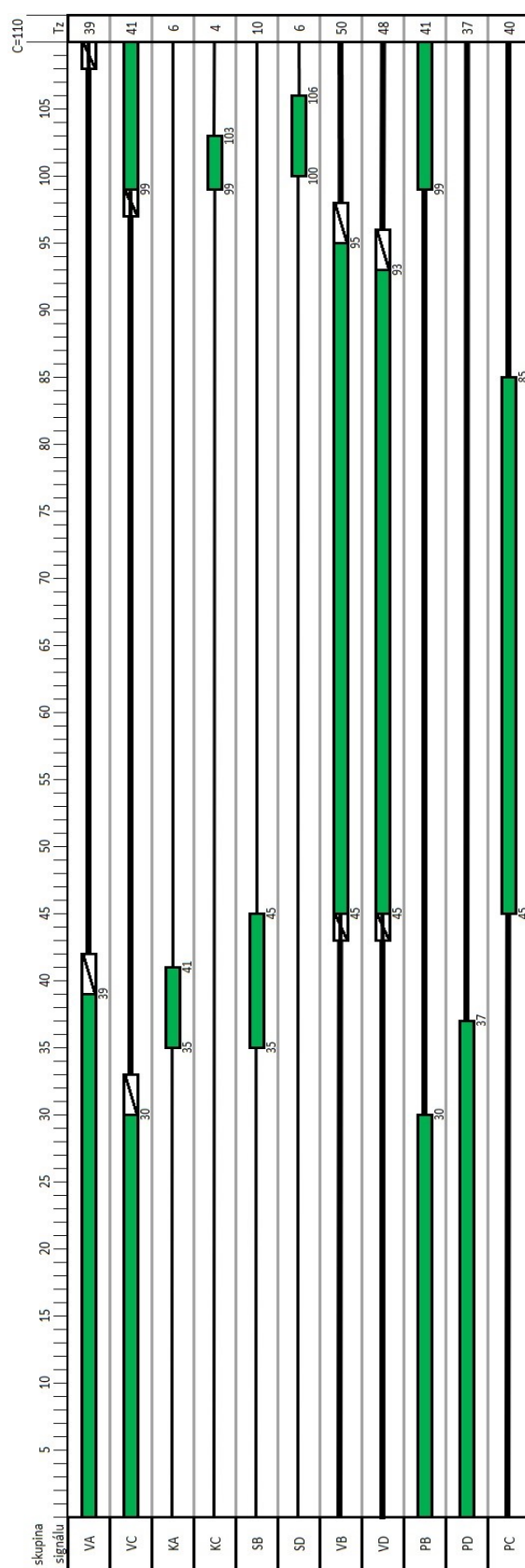
Navýšení intenzit vedlo podobně jako u předchozího scénáře k nárustu délky optimálního cyklu, respektive k délce cyklu samotné. Délky zelených signálů jsou zaznamenány v tab. 27.

Tab. 27 Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma pátého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	406	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	589	0,510	11,9	0,2	0,996	0,940	1872
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	92	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,753	14	105,1	105
VB	996	0,408	48,3	48				
VC	3864	0,254	29,8	30				
VD	1000	0,247						
VA-L	1840	0,050	5,0	4				
VC-L	1877	0,040	3,9	4				

Zdroj: Vlastní zpracování

Na obr. 23 je znázorněn signální plán pro čtyřfázové schéma pátého scénáře. Délka cyklu byla oproti zvolené délce cyklu prodloužena o 5 sekund na celkových 110 sekund.



Obr. 23 Signální plán pro čtyřfázové schéma pátého scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Při navýšení o 300 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P bude křižovatka vykazovat dostatečnou rezervu kapacity a bude splňovat úroveň kvality dopravy. Z tab. 28 je ovšem patrné, že rezerva na vjezdu VB je pouze 10 %, což výrazně omezuje další navyšování intenzit.

Tab. 28 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma pátého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	110	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	983	3864	30	5	2	65	1840	11	184	255
VC-L	734	3863	30	53	2	65	1877	11	188	306
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	39	3863	1370	46	43		27	B	C
VC	983	41	3864	1440	32	57		29	B	C
VA-L	92	41	1840	255	64	11		26	B	C
VC-L	76	41	1877	306	75	9		23	B	C
VB	406	50	996	453	10	41		56	D	E
VD	247	48	1000	436	43	26		26	B	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

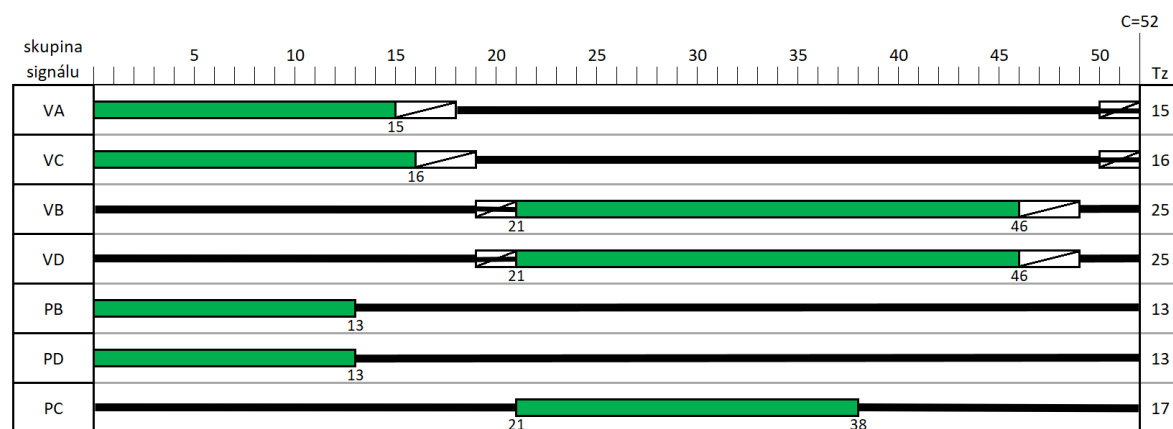
Při výpočtu signálního plánu pro dvoufázové schéma, jehož výsledky se nacházejí v tab. 29, vyšla délka optimálního cyklu 50,3 sekund, což ve srovnání s čtyřfázovým schématem je o více jak polovinu kratší doba.

Tab. 29 Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma pátého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	354	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	380	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	2	406	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	589	0,510	11,9	0,2	0,996	0,940	1872
VC-R	1	394	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	2	247	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	1	92	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	1	76	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,190			0,662	8	50,3	50
VB	996	0,408	24,9	25				
VC	3864	0,254	15,1	15				
VD	1000	0,247						
VA-L	1840	0,050						
VC-L	1877	0,040						

Zdroj: Vlastní zpracování

Konečná délka signálního plánu narostla na 52 sekund. Signální plán se nachází na obr. 24.



Obr. 24 Signální plán pro dvoufázové schéma pátého scénáře

Zdroj: Vlastní zpracování

Kapacitní posouzení pro dvoufázové schéma pátého scénáře splňuje požadavky na úroveň kvality dopravy na všech vjezdech. V tab. 30 je možné vidět, že nejvyšší střední doby zdržení dosahuje vjezd VB, a to 30 sekund, což je ve srovnání se čtyřfázovým schématem téměř poloviční doba.

Tab. 30 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma pátého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235									Protokol 4	
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	52	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	983	3864	15	10	2	138	1840	0	0	149
VC-L	734	3863	15	63	2	138	1877	1	36	238
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	734	15	3863	1114	34	23		17	A	C
VC	983	16	3864	1189	17	29		22	B	C
VA-L	92	15	1840	149	38	6		32	B	C
VC-L	76	16	1877	238	68	5		16	A	C
VB	406	25	996	479	15	18		30	B	E
VD	247	25	1000	481	49	11		12	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

4.6 Scénář č.6: Výhledové intenzity na rok 2035 navýšeny o 300 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P a o 80 pvoz/h na řadícím pruhu VA-L

V posledním scénáři jsou vstupní intenzity nahrazeny výhledovými intenzitami pro rok 2035. Získávání výhledových intenzit probíhalo tak, že základní intenzity byly vynásobeny koeficienty pro daný výhledový rok, které byly získány z TP 225. Koeficienty byly voleny v závislosti na lokalitě, kategorii silnice a podle typu vozidla. Křižovatka se nachází v Rožnově pod Radhoštěm, byly tedy voleny koeficienty z tabulek pro Zlínský kraj. Další podmínkou je vzdálenost od krajského města, což v tomto případě činí více jak 20 kilometrů a silnice je kategorie první třídy. V závislosti na těchto parametrech byly zvoleny správné koeficienty, které se nacházejí v tab. 31. Dále byla intenzita navýšena podobně, jako v pátém scénáři, tedy o 300 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P a o 80 vozidel na řadícím

pruhu VA-L. Výsledné intenzity jsou zaznamenány v tabulkách s výpočtem signálního plánu.

Tab. 31 Výhledové koeficienty pro rok 2035 pro Zlínský kraj ve vzdálenosti více jak 20 km od krajského města pro silnici I. třídy

Typ vozidla	Výhledový koeficient [-]
Osobní vozidla	1,23
Lehká nákladní vozidla	1,45
Těžká vozidla	1,2

Zdroj: TP 225

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

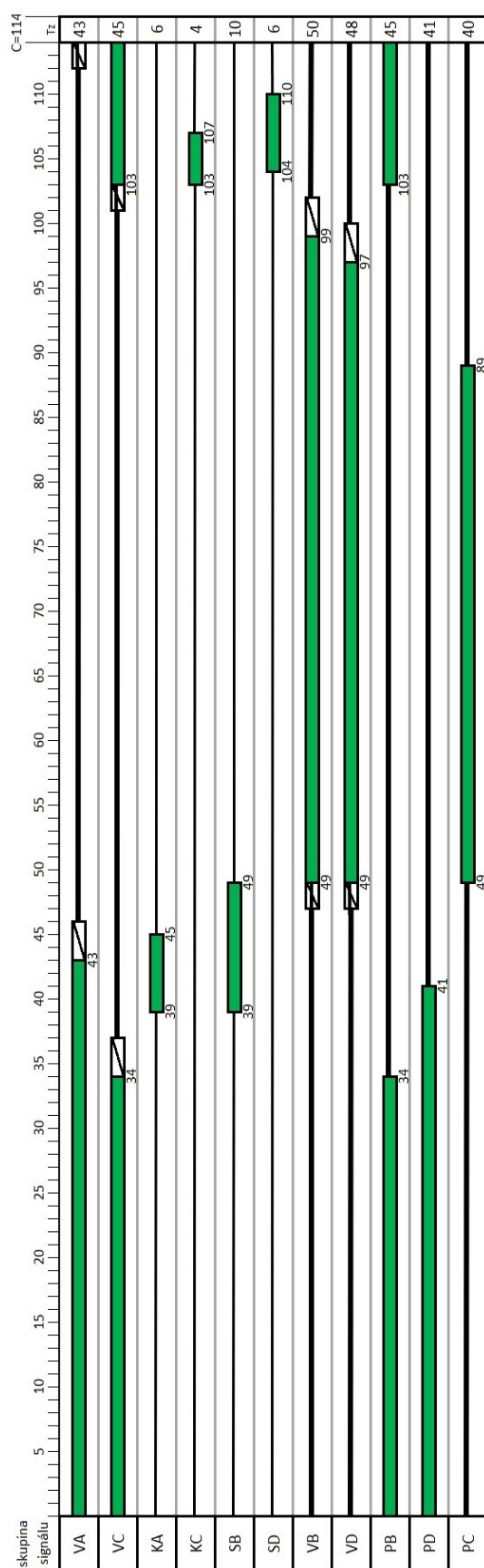
Optimální délka cyklu u šestého scénáře pro čtyřfázové schéma vyšla podle tab. 32 necelých 137 sekund. Při stanovení délky cyklu je potřeba brát v potaz, že délka cyklu by neměla překročit 120 sekund. V tomto případě byla zvolena délka 110 sekund, což je nejvyšší hodnota, které bylo při navrhování scénářů dosaženo.

Tab. 32 Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma šestého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	409	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	430	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	4	412	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	656	0,510	11,9	0,2	0,996	0,940	1872
VC-R	1	484	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	4	301	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	2	95	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	3	93	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,217			0,810	14	136,8	110
VB	996	0,414	48,0	48				
VC	3864	0,295	34,0	34				
VD	1000	0,301						
VA-L	1840	0,052	5,1	4				
VC-L	1877	0,050	4,9	4				

Zdroj: Vlastní zpracování

Na obr. 25 je znázorněn signální plán pro čtyřfázové schéma šestého scénáře. Oproti zvolené délce cyklu došlo k prodloužení o 4 sekundy na konečnou délku 114 sekund.



Obr. 25 Signální plán pro čtyřfázové schéma šestého scénáře
Zdroj: Vlastní zpracování

Podle kapacitního posouzení splňuje křižovatka úroveň kvality dopravy na všech vjezdech. Při bližším prozkoumání tab. 33 bylo zjištěno, že rezerva na vjezdu VB je 2 %, z čehož plyne, že další navyšování intenzit už není reálné a vjezd VB se tedy blíží svému maximu. Doba zdržení na tomto vjezdu činí 245 sekund a může se vytvořit fronta o délce 45 metrů. Na ostatních vjezdech je rezerva ještě dostatečná.

Tab. 33 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma šestého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	114	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	1140	3864	34	0	2	63	1840	11	178	241
VC-L	839	3863	34	41	2	63	1877	11	181	285
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	839	43	3863	1457	42	50		27	B	C
VC	1140	45	3864	1525	25	66		30	B	C
VA-L	95	45	1840	241	61	11		27	B	C
VC-L	93	45	1877	285	67	11		24	B	C
VB	412	48	996	419	2	45		245	E	E
VD	301	50	1000	439	31	32		31	B	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka vykazuje dostatečnou rezervu kapacity. Požadavky ÚKD jsou splněny na všech vjezdech.										

Zdroj: Vlastní zpracování

Navýšení intenzit pro dvoufázové schéma

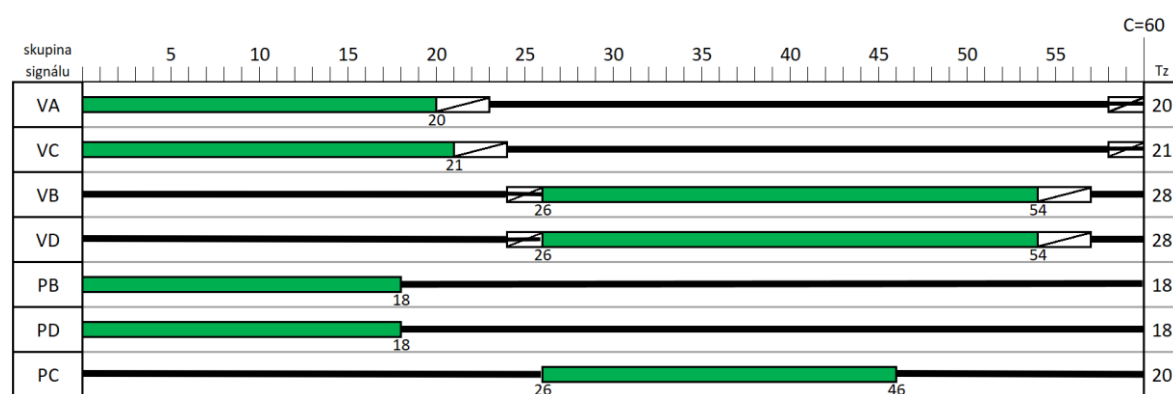
Při výpočtu signálního plánu pro šestý scénář vyšla optimální délka cyklu 58,4 sekund. Jelikož nebyl důvod délku cyklu jakkoliv upravovat, činí zvolená délka cyklu 58 sekund. Všechny vypočtené hodnoty se nacházejí v tab. 34.

Tab. 34 Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma šestého scénáře

Řadící pruh	Fáze	Intenzita	f [-]	R [m]	a [%]	k _{skl} [-]	k _{obl} [-]	S _i [pvoz/h]
VA-RP	1	409	0,475	9,7	0,0	1,000	0,932	1863
VA-R	1	430	0,000	-	0,0	1,000	1,000	2000
VB	2	412	1,000	1,5	0,2	0,996	0,500	996
VC-RP	1	656	0,510	11,9	0,2	0,996	0,940	1872
VC-R	1	484	0,000	-	0,2	0,996	1,000	1992
VD	2	301	1,000	1,5	0,0	1,000	0,500	1000
VA-L	1	95	1,000	17,3	0,0	1,000	0,920	1840
VC-L	1	93	1,000	24,5	0,2	0,996	0,942	1877
Vjezd	S _v [pvoz/h]	γ [-]	z _i [s]	z [s]	Y [-]	L [s]	C _{opt} [s]	T _c [s]
VA	3863	0,217			0,709	8	58,4	58
VB	996	0,414	28,2	28				
VC	3864	0,295	19,8	20				
VD	1000	0,301						
VA-L	1840	0,052						
VC-L	1877	0,050						

Zdroj: Vlastní zpracování

Signální plán pro dvoufázové schéma se nachází na obr. 26. Vlivem přechodu PB a PD byl signální plán prodloužen o sekundu a o další sekundu byl prodloužen kvůli přechodu PC.



Obr. 26 Signální plán pro dvoufázové schéma šestého scénáře

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledné hodnoty kapacitního posouzení jsou v tab. 35. V tomto případě křižovatka nesplňuje požadavky na úroveň kvality dopravy na vjezdu VA-L, kdy dochází ke snížení

kapacity na tomto vjezdu vlivem vysoké intenzity protisměru, což zabraňuje odbočujícím vozidlům z řadícího pruhu VA-L v opuštění křižovatky.

Tab. 35 Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma šestého scénáře

Kapacitní posouzení SSZ dle TP 235								Protokol 4		
Název SSZ:	Rožnov pod Radhoštěm - SSZ Lidl a Billa									
Posuzovaný stav:	2019, pracovní den špičková hodina							Délka cyklu t_c (s)	60	
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I_p (pvoz/h)	S_p (pvoz/h)	z_p (s)	C_{L1} (pvoz/h)	N_A (pvoz)	C_{L2} (pvoz/h)	S_L (pvoz/h)	z_o (s)	C_{L3} (pvoz/h)	C_L (pvoz/h)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VA-L	1140	3864	20	2	2	120	1840	0	0	122
VC-L	839	3863	20	58	2	120	1877	1	31	210
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I_v (pvoz/h)	z (s)	S_v (pvoz/h)	C_v (pvoz/h)	Rez (%)	L_{F1} (m)	L_{F2} (m)	t_w (s)	ÚKD	
	11	12	13	14	15	16	17	18	dosažená	požadovaná
VA	839	20	3863	1288	35	28		18	A	C
VC	1140	21	3864	1352	16	37		23	B	C
VA-L	95	20	1840	122	22	6		64	D	C
VC-L	93	21	1877	210	56	6		20	A	C
VB	412	28	996	465	11	22		40	C	E
VD	301	28	1000	467	36	16		17	A	E
Závěr: Světelně řízená křižovatka nevykazuje dostatečnou rezervu kapacity na vjezdu VA-L a tudíž nevyhovuje požadavkům ÚKD.										

Zdroj: Vlastní zpracování

5 Rozbor dosažených výsledků

Po provedení všech kapacitních posouzení jednotlivých scénářů je možné přejít k jejich vyhodnocení. Jako výchozí bude použito kapacitní posouzení bez navyšování intenzit. V případě čtyřfázového schématu je úroveň kvality dopravy na všech vjezdech hodnocena jako A, s výjimkou vjezdu VD, kde bylo dosaženo úrovně D. Na tomto vjezdu je i dosahováno nižší rezervy, a to přibližně 15 %. Ostatní vjezdy vykazují rezervu v rozmezí 44–96 %. Nejvyšší střední doba zdržení je na vjezdu D a činí 50 sekund. U dvoufázového schématu mají všechny vjezdy úroveň kvality dopravy hodnocenou jako A, nejnižší rezervy je dosaženo na vjezdech VA a VD, a to shodně 39 %. Stejně jako u předchozího schématu je dosaženo nejvyšší střední doby zdržení na vjezdu VD, v tomto případě 15 sekund. Dvoufázové schéma vykazuje v každém případě lepší hodnoty než čtyřfázové a při takovýchto intenzitách je rozhodně vhodnější. Střední doba zdržení byla pro všechna schémata a scénáře zaznamenána do tab. 36, kde se v prvním sloupci pro daný scénář nachází střední doba zdržení pro čtyřfázové schéma a ve druhém sloupci pro dvoufázové schéma.

Tab. 36 Výsledné hodnoty střední doby zdržení pro všechny scénáře

Vjezd	Výchozí stav		1. scénář		2. scénář		3. scénář		4. scénář		5. scénář		6. scénář	
	Střední doba zdržení [s]													
VA	17	13	16	13	16	12	19	13	27	18	27	17	27	18
VC	14	11	15	12	15	12	19	14	27	20	29	22	30	23
VA-L	11	9	11	9	11	9	16	17	34	-	26	32	27	64
VC-L	13	11	12	11	12	10	15	11	23	15	23	16	24	20
VB	14	7	19	9	32	16	41	22	45	24	56	30	245	40
VD	50	15	55	15	59	17	32	15	25	11	26	12	31	17

Zdroj: Vlastní zpracování

V prvním scénáři došlo k navýšení intenzity o 100 pvoz/h na řadícím pruhu VC-R,P. U čtyřfázového schématu zůstala úroveň kvality dopravy stejná, jako v předchozím případě,

s tím rozdílem, že došlo k mírnému poklesu rezervy vjezdu a k prodloužení střední doby zdržení o dalších 5 sekund. U dvoufázového schématu jsou rozdíly mezi prvním scénářem a výchozím stavem ještě menší. Hlavní změnou je pokles rezervy kapacity vjezdu VB z 94 na 69 % a nárůst střední doby zdržení ze 7 na 9 sekund. Tento scénář zásadně neovlivní kapacitu křižovatky a takovýto nárůst intenzity je tedy přijatelný.

Druhý scénář se opět věnuje navýšení intenzity na řadícím pruhu VC-R,P, tentokrát došlo k navýšení o 200 pvoz/h. Po tomto navýšení došlo u čtyřfázového schématu na vjezdu VB ke snížení úrovně kvality dopravy na hodnocení B a také k prodloužení střední doby zdržení na 32 sekund. U dvoufázového schématu došlo opět jen k mírnému prodloužení střední doby zdržení, pouze na vjezdu VB se prodloužila střední doba zdržení oproti předchozímu scénáři o 5 sekund. I přes zhoršení většiny hodnot křižovatka stále vykazuje dostatečnou rezervu kapacity a splňuje tedy požadavky na úroveň kvality dopravy.

Třetí scénář je stejný jako druhý scénář s tím rozdílem, že intenzita byla navýšena i na vjezdu VA-L o 80 pvoz/h. To způsobilo oproti předchozímu scénáři u čtyřfázového schématu navýšení střední doby zdržení na vjezdu VB o 9 sekund, naopak na vjezdu VD došlo ke zkrácení o 27 sekund. To je do značné míry způsobeno tím, že kritickým vjezdem se stal vjezd VB, čímž se prodloužila délka fáze a vzniklo tak více času pro vyklizení proudu VD. Zároveň došlo ke zlepšení úrovně kvality dopravy vjezdu VD na úroveň C. U dvoufázového schématu dochází k prodloužení střední doby zdržení hlavně na vjezdech VA-L a VB, u VB došlo navíc ke zhoršení úrovně kvality dopravy na hodnocení B. I v tomto scénáři všechny vjezdy mají dostatečnou rezervu kapacity, a tedy splnily požadavky na úroveň kvality dopravy.

Ve čtvrtém scénáři jsou oproti výchozímu stavu navýšeny intenzity na řadícím pruhu VC-R,P a VA-L o 200 pvoz/h, respektive o 160 pvoz/h. Takovéto navýšení intenzit se projevilo na všech vjezdech. Nejnižší hodnota střední doby zdržení u čtyřfázového schématu je 23 sekund, úroveň kvality se tedy snížila na většině vjezdech na úroveň B, na vjezdu VB na úroveň C. U dvoufázového schématu došlo vlivem vysokého zatížení řadícího pruhu VA-L k poklesu rezervy kapacity na nulu, následkem čehož bude docházet k tvoření kongescí. Tento scénář ukázal, že u dvoufázového schéma je problém odbavit vysoké

intenzity na podmíněně kolizním levém odbočení, jelikož s rostoucí intenzitou protisměru klesá kapacita levého podmíněně kolizního odbočení.

K navýšení kapacity došlo i v pátém scénáři, a to o 300 pvoz/h na vjezdu VC-R,P a o 80 pvoz/h na vjezdu VA-L. Vlivem tohoto navýšení došlo u čtyřfázového schématu k prodloužení střední doby zdržení na vjezdu VB na 56 sekund. Na hlavní komunikaci se střední doba zdržení pohybuje mezi 23-29 sekundami v závislosti na řadícím pruhu. Nejdelší fronta se bude tvořit na vjezdu VC, naopak nejkratší fronta se vytvoří na vjezdu VC-L. Dále můžeme pozorovat snížení rezervy kapacity u vjezdu VB na 10 %. U dvoufázového schématu se kvalita dopravy pohybuje mezi úrovněmi A a B. Nejvyšší střední doba zdržení je na vjezdu VA-L, a to 32 sekund, naopak nejnižší je na vjezdu VD, kde střední doba zdržení činí 12 sekund. Navýšení kapacity u obou schémat vykazuje dostatečnou rezervu kapacity a křižovatka splňuje požadavky na úroveň kvality dopravy.

V posledním scénáři došlo k nahrazení naměřených intenzit intenzitami výhledovými pro rok 2035 a dále byly navýšeny intenzity na řadícím pruhu VC-R,P a VA L o 300 pvoz/h respektive 80 pvoz/h. U čtyřfázového schématu se pohybuje střední doba zdržení v rozmezí 24 až 31 sekund s výjimkou vjezdu VB, kde zdržení dosáhlo hodnoty 245 sekund. To je dáno zejména nízkou rezervou, která činí 2 %. U dvoufázového schématu dochází k podobné situaci, jako u čtvrtého scénáře. Vlivem Vyšších intenzit na vjezdu VC není křižovatka schopná odbavovat dostatečně rychle vozidla na řadícím pruhu VA-L a doba zdržení dosahuje hodnoty 64 sekund.

Podle dosažených výsledků se dá říci, že křižovatka je schopná vyhovět požadavkům na úroveň kvality dopravy i v případě nejvyššího navýšení intenzit, které bylo v této práci použito. Pokud by intenzity vozidel nerostly na řadícím pruhu VA-L, bylo by dvoufázové schéma vhodnější, jelikož dosahuje kratší délky cyklu a také střední doba zdržení je zpravidla kratší. V opačném případě je potřeba poskytnout čas pro vyklizení odbočujícím vozidlům, což je zajištěno u čtyřfázového signálního plánu. Dále s růstem intenzit na vjezdu VB může dojít k tomu, že křižovatka nebude stíhat odbavovat podmíněně kolizní levé odbočení na tomto vjezdu a může docházet ke kongescím. Tento stav sice není výpočtově podložen, ale jeho vznik možný je.

6 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na kapacitní posouzení křižovatky v Rožnově pod Radhoštěm, kde kvůli plánované výstavbě obchodního centra mají lidé obavy o dopadu této výstavby na dopravní situaci v okolí.

V první části diplomové práce jsem vysvětlil základní pojmy z dopravního inženýrství a dále jsem nastínil teoretický postup při výpočtu signálního plánu metodou saturovaného toku a také kapacitní výpočet.

V dalším bodě diplomové práce jsem popsal postup při získávání intenzit dopravy a také se zde nachází popis křižovatky a další důležité informace k provedení výpočtů, jako poloměry oblouků odbočujících vozidel, mezičasy nebo sklon komunikace.

V kapitole kapacitní posouzení jsem nejdříve vytvořil fázová schémata a následně podle toho provedl výpočet signálního plánu metodou saturovaného toku. V neposlední řadě jsem také provedl kapacitní výpočet.

Předposlední kapitola je věnována kapacitnímu posouzení vzhledem ke změně intenzit na křižovatce. Navrhl jsem scénáře, podle kterých se intenzity na křižovatce mění s cílem získat intenzity, při kterých již začne docházet ke kongescím nebo již nebudou vyhovovat požadované úrovni kvality dopravy.

Poslední částí diplomové práce je rozbor dosažených výsledků, kde jsem se zaměřil na vyhodnocení výsledných kapacitních výpočtů a pokusil jsem se určit maximální možné intenzity, kterých lze na křižovatce dosáhnout.

Literatura

- [1] KŘIVDA, VLADISLAV. *Základy organizace a řízení silniční dopravy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1253-3.
- [2] FOLPRECHT, JAN A VLADISLAV KŘIVDA. *Organizace a řízení dopravy I*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1030-1.
- [3] VŠB - FAKULTA STAVEBNÍ. *Křižovatky pozemních komunikací* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/krajcovic/!kombinovane/!dopravni_a_vodni_stavby/pomucky_k_reseni/pdf/KRIZOVATKY_PK_KOMBI.pdf
- [4] ING. MICHAL DORDA PH.D. *Úvod do dopravního inženýrství* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: HTTP://HOMEL.VSB.CZ/~DOR028/DI_1.PDF
- [5] MEDELSKÁ, VIERA. *Dopravné inženýrství*. Bratislava: Alfa, 1991. Edícia stavebníckej literatúry (Alfa). ISBN 80-05-00737-x.
- [6] IROŽNOVSKO.CZ. *Rekonstrukce hlavního silničního tahu přes Rožnov začne v dubnu* [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <https://iroznovsko.cz/rekonstrukce-hlavniho-silnicniho-tahu-pres-roznov-zacne-v-dubnu/?fbclid=IwAR0Nd1YPK3cEWU-B4IH1nAJkvfjyG7fDue5DFEs7OOWErS17yV-4Bd94gcY#imageclose-1628>
- [7] MARTOLOS, JAN. *Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích*: TP 81. 3. vyd. EDIP, 2015.
- [8] MARTOLOS, JAN. *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek*. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-03-8.

-
- [9] CENTRUM SLUŽEB PRO SILNIČNÍ DOPRAVU. *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích* [online]. 2017 [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: https://www.cspsd.cz/storage/files/361_2000_k_07_2017.pdf.

Seznam tabulek

Tab. 1	Fiktivní poloměry oblouku pro pravé odbočení ovlivněné přecházejícími chodci	19
Tab. 2	Koeficienty skladby dopravního proudu	22
Tab. 3	Délka efektivního cyklu	22
Tab. 4	Mezní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do světelné křižovatky	23
Tab. 1	Tabulka mezičasů	33
Tab. 2	Poloměry oblouků	34
Tab. 3	Fázové přechody	36
Tab. 4	Kombinace fázových přechodů	37
Tab. 5	Fázové přechody	38
Tab. 6	Hodnoty saturovaného toku a stupně saturace	40
Tab. 7	Tabulka výsledných hodnot výpočtů metodou saturovaného toku pro čtyřfázové schéma	42
Tab. 8	Tabulka výsledných hodnot výpočtů metodou saturovaného toku pro dvoufázové schéma	45
Tab. 9	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma	48
Tab. 10	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma	50
Tab. 11	Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma prvního scénáře	52
Tab. 12	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma prvního scénáře	54
Tab. 13	Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma prvního scénáře	55
Tab. 14	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma prvního scénáře	56
Tab. 15	Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma druhého scénáře	57
Tab. 16	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma druhého scénáře	58
Tab. 17	Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma druhého scénáře	59

Tab. 18	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma druhého scénáře	60
Tab. 19	Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma třetího scénáře	61
Tab. 20	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma třetího scénáře	62
Tab. 21	Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma třetího scénáře	63
Tab. 22	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma třetího scénáře	64
Tab. 23	Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma čtvrtého scénáře	65
Tab. 24	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma čtvrtého scénáře	67
Tab. 25	Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma čtvrtého scénáře	68
Tab. 26	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma třetího scénáře	69
Tab. 27	Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma pátého scénáře	70
Tab. 28	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma pátého scénáře	72
Tab. 29	Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma pátého scénáře	73
Tab. 30	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma pátého scénáře	74
Tab. 31	Výhledové koeficienty pro rok 2035 pro Zlínský kraj ve vzdálenosti více jak 20 km od krajského města pro silnici I. třídy	75
Tab. 32	Výpočet signálního plánu pro čtyřfázové schéma šestého scénáře	76
Tab. 33	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro čtyřfázové schéma šestého scénáře	78
Tab. 34	Výpočet signálního plánu pro dvoufázové schéma šestého scénáře	79
Tab. 35	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma šestého scénáře	80
Tab. 36	Výsledné hodnoty střední doby zdržení pro všechny scénáře	81

Seznam obrázků

Obr. 1	Kolizní body Zdroj: Úvod do dopravního inženýrství [4]:	12
Obr. 2	Rozdělení křižovatek podle tvaru a počtu ramen Zdroj: Vlastní zpracování	13
Obr. 3	Prostá křižovatka Zdroj: Mapy.cz	14
Obr. 4	Plně usměrněná křižovatka Zdroj: Mapy.cz	14
Obr. 5	Náhled připravované stavby OC Kaufland a okolí Zdroj: iRožnovsko.cz	28
Obr. 6	Řešení světelného signalizačního zařízení Zdroj: Interní dokumenty městského úřadu Rožnov pod Radhoštěm, odbor dopravy	29
Obr. 7	Popis proudů na křižovatce zdroj: Vlastní zpracování	30
Obr. 8	Graf vývoje denních intenzit Zdroj: Vlastní zpracování	31
Obr. 9	Kartogram Zdroj: Vlastní zpracování	32
Obr. 10	Fáze na křižovatce Zdroj: Vlastní zpracování	35
Obr. 11	Čtyřfázové schéma Zdroj: Vlastní zpracování	37
Obr. 12	Dvojfázové schéma Zdroj: Vlastní zpracování	38
Obr. 13	Signální plán pro čtyřfázové schéma Zdroj: Vlastní zpracování	43
Obr. 14	Signální plán pro dvoufázové schéma Zdroj: Vlastní zpracování	45
Obr. 15	Signální plán pro čtyřfázové schéma prvního scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	53
Obr. 16	Signální plán pro dvoufázové schéma prvního scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	55
Obr. 17	Signální plán pro čtyřfázové schéma druhého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	57
Obr. 18	Signální plán pro dvoufázové schéma druhého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	59

Obr. 19	Signální plán pro čtyřfázové schéma třetího scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	61
Obr. 20	Signální plán pro dvoufázové schéma třetího scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	63
Obr. 21	Signální plán pro čtyřfázové schéma čtvrtého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	66
Obr. 22	Signální plán pro čtyřfázové schéma čtvrtého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	68
Obr. 23	Signální plán pro čtyřfázové schéma pátého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	71
Obr. 24	Signální plán pro dvoufázové schéma pátého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	73
Obr. 25	Signální plán pro čtyřfázové schéma šestého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	77
Obr. 26	Signální plán pro dvoufázové schéma šestého scénáře Zdroj: Vlastní zpracování	79
Obr. 27	Protokol o kapacitním posouzení křižovatky pro dvoufázové schéma šestého scénáře	80

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Michalu Dordovi Ph.D. za konzultace a rady, které byly při tvorbě této diplomové práce potřeba. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu a trpělivost, kterou mi během studia poskytli.